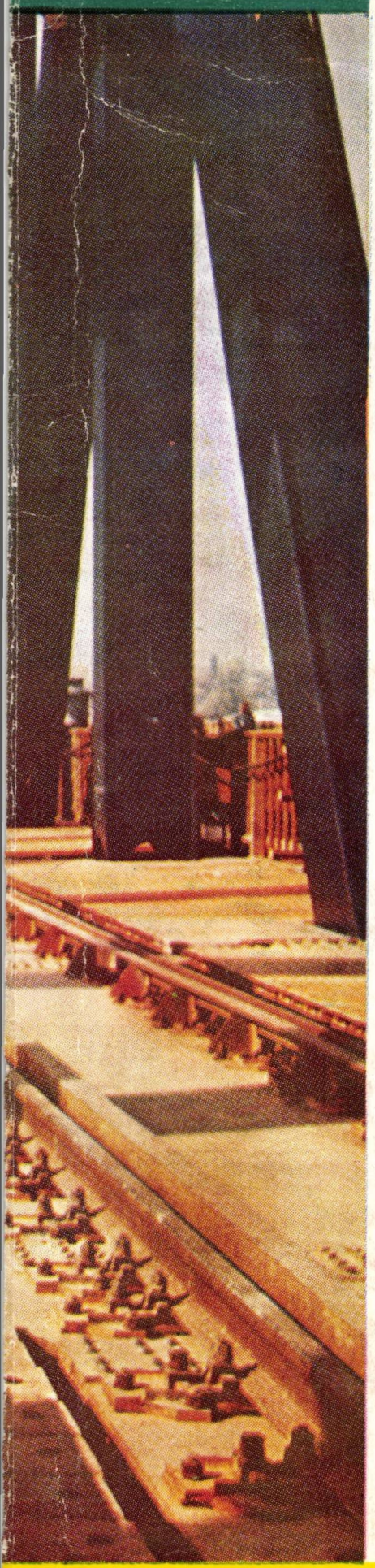
E3279

GSE

R 1988 MAR 07 Reserve



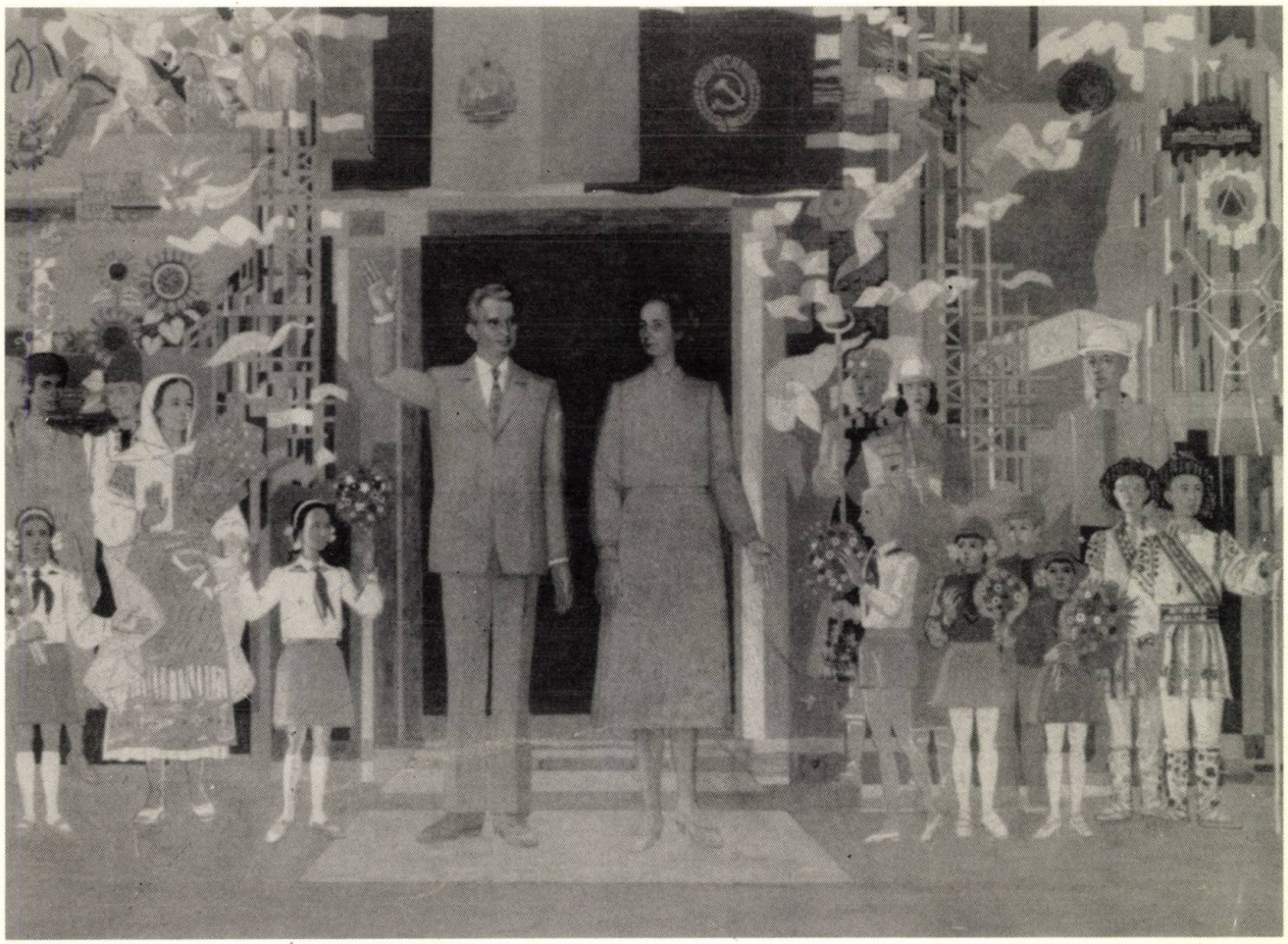
CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

MECANICĂ FINĂ

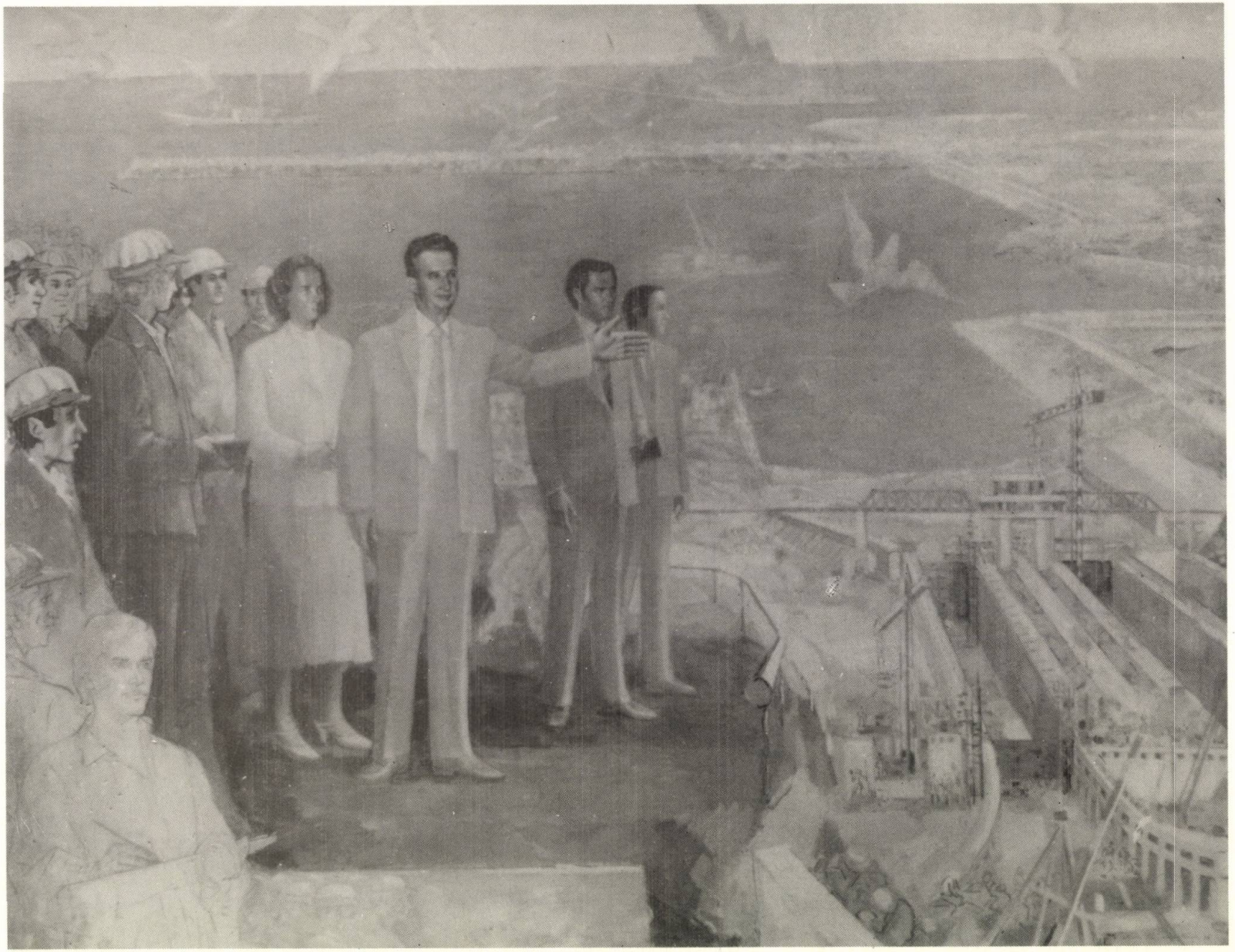
BUCUREȘTI ■ XL ■ IANUARIE ■ 1988

1

Omagiul şi preţuirea întregii ţări



La aniversarea tovarăşului Nicolae Ceauşescu şi a tovarăşei Elena Ceauşescu



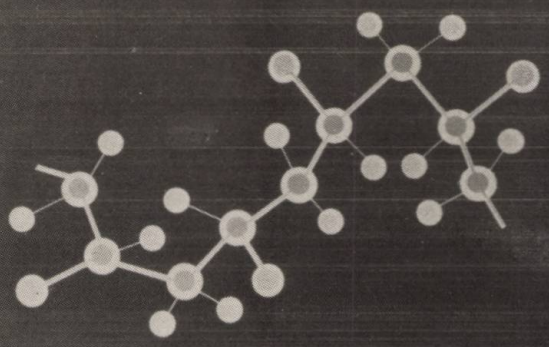
ROBERT GOVENDER

NICOLAE CEAUȘESCU'S VISION Of The New International Economic Order

UNIFIED PRINTERS AND PUBLISHERS LTD.

Elena Ceaușescuová

VÝSKUMY Z OBLASTI MAKRO-MOLEKULOVÝCH LÁTOK



Akademička Dr. Ing. Elena Ceausescuová

OMAGIU

Tovarășul **Nicolae Ceaușescu** *și tovarășa* **Elena Ceaușescu,** *fii devotați ai poporului, oameni care prin personalitatea lor multilaterală îngemănează fericit toate virtuțile și aspirațiile unui întreg neam, iar faptele lor dau măsura exactă a posibilităților creatoare ale unei națiuni angajate ferm pe calea afirmării sale în lume, și-au consacrat — de la cea mai fragedă vîrstă — existențele lor exemplare propășirii țării în care s-au născut.*

În conștiința acestui popor, tovarășul **Nicolae Ceaușescu** *va rămîne patriotul cutezător care a smuls țara de sub semnul unei istorii anacronice, așezînd-o în drepturile sale legitime, conducătorul de geniu care a înscris România pe coordonatele unei dezvoltări fără precedent, gînditorul subtil care a anticipat creator profundele implicații sociale ale revoluției tehnico-științifice contemporane, definind rolul și menirea științei în transformarea multilaterală a societății, liderul politic de mare anvergură de care se leagă speranțele tuturor popoarelor și națiunilor angajate în lupta dură a supraviețuirii economice, un erou al păcii și al colaborării într-o lume bîntuită de contradicții și conflicte și dominată de spectrul uriașelor arsenale militare.*

De numele tovarășei academician doctor inginer **Elena Ceaușescu,** *eminent om de știință, prestigios savant de reputație internațională, luptător neobosit pentru transpunerea în viață a politicii interne și externe a partidului, se leagă organizarea cercetării științifice și tehnologice românești, materializarea conceptului de știință ca mijloc de producție, mobilizarea exemplară a întregului potențial științific național în amplul proces de edificare a civilizației socialiste, reformele inspirate din domeniul învățămîntului, culturii și activităților social-obștești. Pentru milioanele de oameni din patria noastră, tovarășa* **Elena Ceaușescu,** *reprezintă un model luminos și un simbol inestimabil al femeii române contemporane.*

Poporul român, care și-a cinstit întotdeauna personalitățile de excepție înscriindu-le cu litere de aur în cartea istoriei sale, sărbătorește zilele de naștere ale celor mai iubiți fii ai săi în prima lună a fiecărui an, adăugînd la buchetul aniversărilor care i-au devenit scumpe, noi realizări.

Alături de toți oamenii din patria noastră, care au șansa de a trăi această neasemuită perioadă de renaștere, Epoca Nicolae Ceaușescu, angajați plenar în realizarea integrală a sarcinilor și prevederilor de plan pe 1988 și pe întregul cincinal, pentru înfăptuirea istoricelor hotărîri ale Congresului și ale celei de a V-a Conferințe Naționale a partidului, constructorii de mașini aduc un fierbinte o m a g i u tovarășului **Nicolae Ceaușescu** *și tovarășei* **Elena Ceaușescu,** *împreună cu urarea de ani mulți și fericiți, multă sănătate, putere de muncă și noi succese, pentru binele și prosperitatea României Socialiste, pentru pace și securitate în lumea întreagă!*

CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI DE UTILAJ GREU
EDITOR : OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ANUL XXXX, 1, ianuarie 1988

CUPRINS

MECANICĂ FINĂ

Aparate optice

DEMIAN, T., BĂCESCU, D. : **Metode de optimizare folosite la proiectarea sistemelor optice** 1

DODOC, P. : **Contribuți la teoria și construcția interferometrelor** 5

CURATU, E., DUȘA, M. : **Optimizare parametrilor de lucru ai sistemelor optice pentru recunoașterea configurațiilor de aliniere utilizate în microelectronică** 9

IONESCU-MUSCEL, SILVIA : **Simularea electrică a procesului de stabilizare a vitezei filmului cinematografic** 14

MIHALCEA, G.A. : **Calculul și proiectarea unei instalații pentru trasarea hidrografică a unor rețele plane de difracție** 17

Echipamente hidro-pneumatice

BANU, V. : **Calculul geometric și cinematic al motoarelor pneumatice pas cu pas cu dispunere radială** 22

ALEXANDRESCU, N., AVRAM, M. : **Caracteristica de reglare a debitului la distribuitoarele pneumatice proporționale** 27

CIOBANU, E. : **Puritatea lichidelor din instalațiile hidraulice ale aeronavelor** 30

NICOLAU, I. : **Amplificator hidraulic de urmărire** 35

Tehnologia mecanicii fine

MICU, C., BUCȘAN, C. : **Tehnologii pentru realizarea semifabricatelor ovale** 38

ANTONESCU, SIMONA, IONAȘCU, GEORGETA, RĂDULESCU, GABRIELA, ALEXANDRESCU, IULIA, **Încercări penru configurarea caracterelor benzii de la echipamentele periferice de calcul** 42

CURATU, E., SUCIU, M. : **Instalație de prelucrare cu fascicul laser pentru găurit materiale dure și extradure** 46

DRAGOMIR, E. : **Modelarea matematică a procesului de prelucrare prin eroziune electrică a aliajelor dure de tip G 10 în regim de finisare** 48

Serial : Creativitate și eficiență în proiectarea modernă a dispozitivelor pentru mașini-unelte

BRĂGARU, A : **Tipologia bazelor și a sistemelor de baze în proiectarea dispozitivelor pentru prelucrări pe mașini-unelte** 53

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului Științific al Institutului Central pentru Construcții de Mașini

Redactor șef : ing. Teodosia Oprescu
Redactor : Șerban Teodorescu
Coordonator : dr. ing. Valeriu Banu

SUMARE

CZ : 69.001. : 681.4

Demian, T., Băcescu, D.: **Metode de optimizare folosite la proiectarea sistemelor optice**

Lucrarea prezintă trei metode de optimizare folosite la proiectarea sistemelor optice și compararea eficienței lor pe o funcție de merit construită cu ajutorul unor funcții test relativ simple.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 1, 1 fig., 5 ref. bibl.

CZ : 681.4

Dodoc, P.: **Contribuții la teoria și construcția interferometrelor**

Articolul prezintă cîteva date și observații privind teoria, construcția, ajustarea și funcționarea aparatelor interferențiale care încorporează schemele clasice, pe baza unor scheme optice cît mai complexe și mai sugestive.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 1, 10 fig.

CZ : 69.001 : 681.4

Curatu, E., Duşa, M.: **Optimizarea parametrilor de lucru ai sistemelor optice pentru recunoașterea configurațiilor de aliniere utilizate în microelectronică**

Lucrarea se încadrează în preocupările specialiștilor de la CCSIT—CE și IPB — catedra de mecanică fină — în vederea îmbunătățirii performanțelor tehnologiei de microelectronică prin ridicarea calității circuitelor integrate obținute prin fotolitrografiere. După prezentarea principiului expunerii prin proiecție cu repetare și aliniere pas cu pas, se propun modul de alegere a parametrilor de lucru ai sistemului optic, precum și configurațiile care asigură creșterea preciziei și aliniere a geometriilor care se expun succesiv pe placheta de siliciu, în timpul etapelor de microlitografie.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 1, 11 fig., 4 ref. bibl.

CZ : 681.4

Ionescu, Muscel, Silvia: **Simularea electrică a procesului de stabilizare a vitezei filmului cinematografic**

În lucrare se prezintă un model electric neliniar, echivalent modelului mecanic al unui stabilizator de viteză a filmului cinematografic, în care forța de frecare introdusă în sistem este de tip coulombian. Semnalul la ieșirea sistemului este analizat folosind transformata Fourier rapidă, ceea ce permite evidențierea influenței amplitudinilor și frecvențelor surselor perturbatoare asupra spectrului de frecvențe ale acestuia și aprecierea comportării stabilizatorului în regim dinamic.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 1, 4 fig., 1 tab., 5 ref. bibl.

CZ : 681.4

Mihalcea, G.A.: **Calculul și proiectarea unei instalații pentru trasarea holografică a unor rețele plane de difracție**

Lucrarea prezintă o instalație optico-mecanică pentru trasarea holografică a rețelelor de difracție utilizate în aparatura spectrală, principiile de calcul și proiectare ale elementelor optice componente și variantele constructive alese.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 1,

CZ : 621.22

Banu, V.: **Calculul geometric și cinematic al motoarelor pneumatice pas cu pas, cu dispunere radială**

În lucrare se stabilesc valorile optime ale parametrilor de bază ce definesc construcția și funcționarea MPP pneumatice sau hidraulice, cu came în dispunere radială și se prezintă relațiile pentru calculul geometric și cinematic. De asemenea, se propune un algoritm de dimensionare pornindu-se de la cinci parametri aleși inițial sau stabiliți prin tema de proiectare.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 1, 2 fig., 1 tab., 1 ref. bibl.

CZ : 621-34/38

Alexandrescu, N., Avram, M. **Caracteristica de reglare a debitului distribuitoarele pneumatice proporționale**

În lucrare este prezentat modelul matematic al unui sistem de acționare pneumatic cu distribuitor proporțional. Lucrarea conține o schemă de principiu a unui distribuitor pneumatic proporțional, precum și caractersticile de reglare a debitului și concluziile ce se desprind din trasarea acestor caracteristici pentru diferite condiții de funcțioonare.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 1, 6 fig., 1 tab., 4 ref. bibl.

CZ : 626/627 : 621.2 : 629.135

Ciobanu, E.: **Puritatea lichidelor din instalațiile hidraulice ale aeronavelor**

Lucrarea prezintă pe lîngă unele noțiuni introductive preocupările din industria aeronautică română privind „curățirea" instalațiilor hidraulice și încadrarea în prescripțiile unor norme. În lucrare sînt conținute și valorile unor determinări experimentale a purității lichidelor de pe aeronave aflate în exploatare și din instalații de încarcare și depoluare. În încheiere se prezintă cîteva propuneri de asigurare a purității lichidelor în procesul de fabricație și exploatare.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 1, 1 fig., 3 tab., 5 ref. bibl.

CZ : 621.375 : 532

Nicolau, I.: **Amplificator hidraulic de urmărire**

În lucrare sînt prezentate particularitățile constructive, modelul matematic și elementele de simulare numerică pentru amplificatorul hidraulic de urmărire care echipează regulatorul de turație al turbinei de abur de 50 MW, tip CC, 50/60 Hz.

Construcția de mașini 40 (1988), nr. 1, 3 fig., 4 ref. bibl.

CZ : 621.833

Micu, C., Bucșan, C.: **Tehnologii pentru realizarea semifabricatelor ovale**

Lucrarea tratează tehnologia de execuție a semifabricatelor ovale pentru roțile dințate ovale din construcția contoarelor volumetrice, prin fezare sau strunjire, precum și proiectarea asistată de calculator a camelor necesare.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 1, 8 fig., 3 ref. bibl.

CZ : 621—412 : 620.193 : 621.357 : 539.374

Antonescu, Simona, Ionașcu, Georgeta, Rădulescu, Gabriela, Alexandrescu, Iulia: **Încercări pentru configurarea caracterelor benzii de la echipamentele periferice de calcul**

Lucrarea prezintă cîteva aspecte tehnologice ale obținerii benzii de imprimantă utilizînd metode de lucru convenționale și neconvenționale. Sînt indicate rezultatele încercărilor efectuate și recomandările de utilizare.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 1, 7 fig., 1 tab., 5 ref. bibl.

CZ : 621.375.9

Curatu, E., Suciu, M.: **Instalație de prelucrare cu fascicul laser pentru găurit materiale dure și extradure**

În lucrare, se prezintă instalația laser de putere, realizată de un colectiv mixt I.C.S.I.T.—M.F.S. și catedra de mecanică fină din Institutul Politehnic București. Instalația se află în exploatare la Intreprinderea de Mecancă Fină București, fiind utilizată la găurirea filierelor din diamant.

Construcția de masini, 40 (1988), nr. 1, 2 fig., 3 ref. bibl.

CONTENTS

DC : 69.001 : 681.4

Demian, T., Băcescu, D.: **Optimization methods used in the design of optical systems**

The paper presents three optimization methods used in the design of optical systems. Their efficiency is compared using a merit function based on relatively simple test functions.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 1 fig., 5 ref.

DC : 681.4

Dodoc, P.: **Contributions to the theory and construction of interferometres**

The paper presents several data and observations related to the theory, construction, adujstment and operation of the interferential gauges that incorporate classical diagrams based on complex and suggestive optical diagrams.

Construcţia de maşini, 40 (1933), No. 1, 10 figs.

DC : 69.001. : 681.4

Curatu, E., Duşa, M.: **Optical systems used in microelectronics for alignment target recognition**

The paper is the result of the work carried out by the specialists from CCSIT—CE and the Fine Mechanics Department from the Polytechnical Institute Bucharest with a view to impoving the performances of the microelectronic techonology by increasing the quality of the integrated circuit masks obtained through photolitography. The principle of projection printing with iteration and stepping alignment is presented and a model for selecting the operating parametres of the optical system is suggested in conjunction with the configurations that ensure an increase in the aligning accuracy of the geometries that are successively exposed on the silicon wafer during the microlitography process.

Construcţia de maşini, 40(1988), No. 1, 11 figs. 4 refs.

DC : 681.4

Ionescu, Muscel, Silvia : **The electric simulation of the movie speed stabilizing process**

The paper presents a non-linear electric model which is equivalent to the mechanical model of a movie speed stabilizer in which the friction force developed in the system is of the Coulombian type. The rapid Fourier transform is used to analyse the signal at the system outlet Thus the influence of the amplitudes and frequencies of the perturbing sources on the stabilizer frequency spectrum is revealed and the dynamic behaviour of the stabilizer can be evaluated.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 4 figs., 1 table, 5 refs.

DC : 681.4

Mihalcea, G.A.: **The computation and design of an installation for holographic ruling of diffraction gratings**

The paper presents an optical-mechanical installation for holographic ruling of the diffraction gratings used in spectral equipment. The principles of computing and designing the optical components as well as the selected execution variants are also presented.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1

DC : 621.22

Banu, V.: **Geometric and kinematic computation of pneumatic stepping motors.**

The paper establishes the optimum values of the basic parametres defining the design and operation of the pneumatic or hydraulic stepping motors with radial cams. The geometric and kinematic computation relationships are presented. A sizing algorithm is also suggested starting from five initially established parametres.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 2 figs., 1 table, 1 ref.

DC : 621-34/38

Alexandrescu, N., Avram, M.: **Flowrate regulation characteristic of the pneumatic proportional direction valves**

The paper presents the mathematical model of a pneumatic driving system with proportional direction valve. The paper showe the schematic diagram of a pneumatic proportional direction valve. The flowrate regulaton characteristics are presented in conjunction with the conclusions that can be drawn after plotting these characteristics for various conditions of operation.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 6 figs., 1 table, 4 refs.

DC : 626/627 : 621.2 : 629.135

Ciobanu, E,: **Purity of fluids for airplane hydraulic installations**

The paper presents some introductory notions and describes the preoccupations of the Romanian aeronautics in the field of „cleaning" the hydraulic installations and their integration within standards and norms. The purity of fluids for airplanes in operation as well as for testing and depollution installations is experimentally determined. In the end the paper presents several suggestions for fluid purity assurance in operation.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 1 fig., 3 tabs, 5 refs.

DC : 621.375 : 532

Nicolau, I,: **Hydraulic surveillance amplifier**

The paper presents the designing characteristics, the mathematical model and the numerical simulation elements of the hydraulic surveillance amplifier for the speed regulator of the steam turbine of 50 MW, model CC, 50/60 Hz.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 3 figs., 4 refs.

DC : 621.833

Micu, C., Bucşan, C.: **Manufacturing technologies for oval workpieces**

The paper presents milling and turning technologies for the execution of oval parts for oval gears used with volume counters. The computer aided design of the required cams is also presented.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 8 figs., 3 refs.

DC : 621-412 : 620. 193 : 621.357 : 539.374

Antonescu, Simona, Ionaşcu, Georgeta, Rădulescu, Gabriela, Alexandrescu, I,: **Some tests related to the configuration of the printer tape characters**

The paper peresents some techological aspects of obtaining printer tapes by both conventional and non-conventional methods. The testing results are shown and recommendations for use are given.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 7 figs., 1 table, 5 refs.

DC : 621.375.9

Curatu, E., Suciu, M.: **Laser beam unit for drilling natural and synthetical diamonds**

The paper presents a laser beam drilling unit achieved by a mixed team of specialists from ICSITMFS and the Fine Mechanics Department from the Polytechnical Institute Bucharest. The unit is now in operation at the Fine Mechanics Enterprise-Bucharest and is used for drilling diamond dies.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 2 figs., 3 refs.

SOMMAIRES

CD : 69.001 : 681.4

Demian, T., Băcescu, D.: **Méthodes d'optimisation employées à l'élaboration des systémes optiques**

L'ouvrage présente trois méthodes d'optimisation employées à l'élaboration des systèmes optiques et la comparaison de leur efficeince sur une fonction de mérite réalisée à l'aide des fonctions test assez simples.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 1, fig. 1, 5 réf. bibl.

CD : 681.4

Dodoc, P.: **Contributions à la théorie et construction des interféromètres**

L'article présente quelques données et observations concernant la théorie, construction, règlage et fonctionnement des appareils interférentiels incorporant les schémas classiques en base ses schémas optiques très complexes et suggestifs.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 1, 10 fig.

CD : 69.001 : 681.4

Curatu, E., Duşa, M.: **Optimisation des paramètres de travail et des systèmes optiques pour la reconnaissance des configurations d'alignement utilisés dans lomaine de l'électronique**

L'ouvrage est le résultat des préoccupations des spécalistes de CCSIT—CE et IPB — Chaire de Mécanique de Précision, en vue de d'améliorer les performances de la technologie de la microélectronique moyennant l'augmentation de la qualité des masques des circuits intégrés obtenus par photograpie.

Après la présentation du principe de l'exposition par projection à répetion et alignément pas à pas, on propose la manière à choisir les paramètres de travail du système optique et aussi les configurations qui assurent une précision d'alignement meilleure des géometries qui apparaissent successivement sur la plaquette en silicium, pendant les étapes de la microlitographie.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 1, 11 fig.,4 ref. bibl.

CD : 681.4

Ionescu, Muscel, Silvia: **Simulation électrique du processus de stabilisation de la vitesse du film cinématographique**

Dans l'ouvrage on présente un modèle électrique non-linéaire équivalent au modèle mécanique d'un stabilisateur de vitesse du film cinématographique où la force de friction induite dans le système est de type coulombien. Le signal à la sortie du système est analysé en utilisant la transformée Fourier rapide, ce qui permet la mise en évidence de l'influence des emplitudes et des fréquences des sources Perturbatrices sur le spectre de fréquences de celui-ci et l'évaluation du comportement du stabilisateur dans le régime dynamique.

Construcţia de maşini, 40 (1988), 4 fig., 1 tab., 5 ref. bibl.

CD : 681.4

Mihalcea, G.A.: **Calcul et élaboration d'une installation pour le traçage holographique des réseaux plans de diffraction**

L'ouvrage présente une installation optique-mécanique pour le traçage holographique des réseaux de diffraction utilisés pour les appareils spectraux, les principes de calcul et d'élaboration des éléments optiques et les variantes de constructions choisies.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 1

CD : 621.22

Banu, V.: **Calcul géométriques et cinématique des moteurs pneumatique pas à pas, à disposition radiale**

Dans l'ouvrage on établit les valeurs optimales des paramètres de base définissant la construction et le fonctionnement MPP pneumatique ou hydrauliques, à cames à disposition radiale et on présente les relations pour le calcúl géométrique et cinematique. De même, on propose un algorithme de dimension en partant de cinq paramètres choisis au commencement ou établis par le thème d'élaboration.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 1, 2 fig., 1 tab., 1 ref. bibl.

CD : 621-34/38

Alexandrescu, N., Avram, M.: **Caractéristique de réglage du débit des distributeurs pneumatique proportionnels**

L'ouvrage présente le modèle mathématique d'un système d'actionement pneumatique à distributeur proportionnel. On y décrit aussi le schéma de principe d'un distributeur pneumatique proportionnel, les caractéristiques du réglage du débit, le traçage de ces curbes pour diverses conditions de fonctionnement et les conclusions résultantes.

CD : 626/627 : 621.2 : 629.135

Ciobanu, E.: **La pureté des liquides dans les installation hydrauliques des aeronefs**

L'ouvrage présente outre que des notions introductives, les préoccupations de l'industrie aéronautique roumaine concernant „la pureté" des installations hydrauliques et leur intégration aux recommandations des normes. On y trouve aussi les valeurs de certaines déterminations expérimentales de la pureté des liquides des aéronefs se trouvant en exploitation et des installations d'essai et dépollution. A la fin on avance des propostions pour assurer la pureté des liquides pendant le processus de fabrication et exploitation des aéronefs.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 1, 1 fig., 3 tab., 5 ref. bibl.

CD : 621.375 : 532

Nicolau, I.: **Amplificateur hydraulique**

L'ouvrage présente les caractéristiques de construction, le modèle mathématique et les éléments de simulation numérique pour l'amplificateur hydraulique du régulateur de vitesse de la turbine à vapeur de 50 MW type CC, 50/60 Hz.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no.1, 3 fig., 4 ref. bibl.

CD : 621.833

Micu, C., Bucşan, C.: **Technologies de fabrication des semi-fabricats ovales**

Dans cet ouvrage on décrit la technologie d'exécution des semi-fabricats ovales pour les engrenages à roues ovales appartenant aux compteurs volumétriques, par fraisage ou tournage, ainsi que la conception des cames assistée par l'ordinateur.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 1, 8 fig., 3 ref. bibl.

CD : 621.412 : 620.193 : 621.357 : 539.374

Antonescu, Simona, Ionaşcu, Georgeta, Rădulescu, Gabriela. Alexandrescu, Iulia: **Essais pour la configuration des caractères de la bande d'imprimante**

Le travail présente des aspect technologiques concernant l'obtention de la bande à imprimer en utilisant des procédés de travail conventionnels et non-conventionnels. On y expose les résultats des essais menés et les recommandations pour l'utilisation.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 1, 7 fig., 1 tab., 5 ref. bibl.

INHALTSVERZEICHNIS

DK : 69.001 : 681.4

Demian, T., Băcescu, D. : **Optimierungsverfahren in der Projektierung optischer Systeme**

Der Beitrag umfasst die Darstellung dreier Optimierungsverfahren für die Projektierung optischer Systeme sowie auch den Vergleich ihrer Effektivität nach einer Verdienstfunktion, welche mittels relativ einfacher Testfunktionen gebildet wird.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 1 Abb., 5 bibl. Ref.

DK : 681.4

Dodoc, P. : **Beiträge zur Theorie und Konstruktion der Interferometer**

Der Artikel umfasst einige Angaben und Bemerkungen hinsichtlich der Theorie, Konstruktion, Einstellung und Betriebsweise der Interferometer mit klassischen Schemas, auf Grund möglichst komplexer und suggestiver Schemas.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 10 Abb.

DK : 69.001 : 681.4

Curatu, E., Duşa, M. : **Optimierung der Betriebsparameter der optischen Systeme zur Erkennung der in der Mikroelektronik eingesetzten Ausrichtungskonfigurationen**

Der Beitrag widerspiegelt die Bemühungen der Spezialisten von CCSIT—CE und vom Polytechnischen Institut-Bukarest-Lehrstuhl für Feinmechanik — im Sinne der Erhöhung der Leistungen der Technologie auf dem Gebiet der Mikroelektronik durch die Verbesserung der Qualität der durch Photolithographie realisierten Masken für integrierte Schaltkreise. Nach der Darstellung des Prinzipes der Belichtung durch wiederholte Projektion und schrittweise Ausrichtung werden ein Verfahren zur Auswahl der Betriebsparameter des optischen Systemes sowie auch die Konfigurationen vorgeschlagen, welche die Erhöhung der Ausrichtungsgenauigkeit der Geometrien, die im Laufe der Etappen der Mikrolithographie der Reihe nach auf der Siliziumplatte belichtet werden, sichern.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 11 Abb., 4 bibl. Ref.

DK : 681.4

Ionescu, Muscel, Silvia : **Elektrische Simulierung des Stabilisierungsprozesses der Geschwindigkeit des Filmgleichlaufes**

Vorgestellt wird ein für das mechanische Modell eines Filmgleichlaufsstabilisators äquivalentes elektrisches nichtlineares Modell, bei welchem die in das System eingeführte Reibungskraft vom coulombischen Typ ist. Das Ausgangssignal des Systems wird anhand der schnellen fourierschen Umwandlungsfunktion analysiert, was die Hervorhebung des Einflusses der Amplituden und der Frequenzen der Störungsquellen auf das Frequenzspektrum sowie auch die Einschätzung des Verhaltens des Stabilisators unter dynamischen Bedingungen erlaubt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 4 Abb., 1 Tabelle, 5 bibl. Ref.

DK : 681.4

Mihalcea, G.A. : **Berechnung und Projektierung einer Anlage für das holographische Anreissen ebener Beugungsgitter**

Der Beitrag umfasst die Darstellung einer optomechanischen Einrichtung für das holographische Anreissen von Beugungsgittern, für Spektralgeräte sowie auch jene der Berechnungs — und Projektierungsgrundsätze für die optischen Bestandteile und die gewählten konstruktiven Ausführungen.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1

DK : 621.22

Banu, V. : **Geometrische und kinematische Berechnung der pneumatischen Schrittmotoren mit radialer Anordnung**

Es werden die optimalen Werte der Grundparameter festgelegt, welche die Konstruktion und den Betrieb pneumatischer oder hydraulischer Schrittmotoren mit Kurven in radialer Anordnung bestimmen, und es werden die Gleichungen für die geometrische und kinematische Berechnung dargestellt.

Ausserdem wird ein Bemessungsalgorithmus — ausgehend von fünf anfangs gewählten oder durch die Projektierungsaufgabenstellung bestimmten Parametern — vorgeschlagen.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 2 Abb., 1 Tabelle, 1 bibl. Ref.

DK : 621-34/38

Alexandrescu, N., Avram, M. : **Regelcharakteristik der Durchflussmenge durch pneumatische Proportionalwegeventile**

Der Beitrag umfasst die Darstellung des mathematschen Modelles eines pneumaischen Antriebssystems mit Proportionalwegevenil. Vorgestellt wird auch das Prinzipschema eines pneumatischen Proportionalwegeventiles; ausserdem werden die Regelkennlinien der Durchflussmenge und die Schlussfolgerungen, die sich daraus für verschiedene Betriebsbedingungen ableiten lassen, dargestellt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 6 Abb., 1 Tabelle, 4 bibl. Ref.

DK : 626/627 : 621.2 : 629.135

Ciobanu, E. : **Reinheit der Flüssigkeiten in den Hydraulikanlagen der Luftfahrzeuge**

Der Beitrag umfasst — ausser einigen einleitenden Betrachtungendie Darstellung der Bemühungen der rumänischen Luftfahrtindustrie hinsichtlich der „Reinigung" der Hydraulikanlagen und der Einhaltung der Bestimmungen verchiedener Normen. Angegeben werden auch die Ergebnisse einiger experimenteller Bestimmungen der Reinheit der Flüssigkeiten in einigen im Betrieb befindlichen Flugzeugen sowie auch in Erprobungs — und Reinigungseinrichtungen. Abschliessend werden einige Vorschläge zur Sicherung der Reinheit der Flüssigkeiten im Fertigungsprozess und im Betrieb formuliert.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 1 Abb., 3 Tab., 5 bibl. Ref.

DK : 621.375 : 532

Nicolau, I. : **Hydraulischer Überwachungsverstärker**

Dargestellt werden die konstruktiven Merkmale, das mathematische Modell und die Element der numerischen Simulierung für den hydraulischen Überwachungsverstärker aus der Ausstattung des Drehzahlregelgetriebes der Dampfturbine von 50 MW, Typ GS, 50/60 Hz.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 1 Abb., 4 bibl. Ref.

DK : 621.833

Micu, C., Bucşan, C. : **Technologien zur Herstellung ovaler Halbzeuge**

Der Beitrag behandelt die Herstellungstechnologie der ovalen Halbzeuge für ovale Zahnräder, die zur Realisierung von Volumetern eingesetzt werden, durch Fräsen oder Drehen, sowie auch die rechnergestüzte Projektierung der dazu erforderlichen Kurven.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 8 Abb., 3 bibl. Ref.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК: 69.001 : 681.4

Демиан, Т., Бэческу, Д.: *Методы оптимизации, используемые при проектировании оптических систем*

В работе представлены три метода оптимизации, используемые при проектировании оптических систем и сравнения их эффективности при помощи заслуженной функции построенной при посредстве некоторых относительно простых функций тестирования.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
№ 1, черт. 1, 5 библиографических источников

ДК: 681.4

Додок, П.: *Вклады в теорию и конструкцию интерферометров*

В работе представлены несколько данных и замечаний о теории, конструкции, регулировке и функционировании интерферометров, которые включают классические схемы, на основе самых сложных и показательных оптических схем.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
№ 1, черт. 10

ДК: 69.001 : 681.4

Курату, Е., Душа, М.: *Оптимизация рабочих параметров оптических систем с целью распознавания конфигураций совмещения, используемых в микроэлектронике*

Настоящая работа представляет исследования специалистов от ЧЧСИТ-ЧЕ и ПИБ — кафедра точной механики — целью улучшения технических характеристик микроэлектронной технологии повышением качества маск интегральных микросхем, полученных с помощью фотолитографии. После представления принципа экспонирования проекцией с повторением и шаговым совмещением предлагается способ выбора рабочих параметров оптической системы, а также конфигурации, обеспечивающие повышение точности совмещения геометрий, которые последовательно экспонированы на кремниевой пластинке во время этап микролитографии.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
№ 1, черт. 11, 4 библиог. источ.

ДК: 681.4

Ионеску Мусчел, Силвиа: *Электрическое моделирование процесса стабилизации скорости движения киноленты*

В работе представляется нелинейная электрическая модель-эквивалентная механическая модель стабилизатора скорости движения киноленты, при наличии характеристик трения типа куломбого (сухое трение). Быстро-преобразования фурье выходного сигнала системы позволяет указание влияния величины амплитуд и частот источников помех к спектру и оценку распознавании стабилизатора в динамическом режиме.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
№ 1, черт. 4, 1 табл., 5 библиографических источников

ДК: 681.4

Михалчеа, Г.А.: *Расчёт и проектирование установки для холографического нанесения плоских дифракционных решёток*

В работе представлена оптико-механическая установка для холографического нанесения дифракционных решёток, используемых в спектральной аппаратуре, принципы расчета и проектирования составных оптических элементов и выбранные конструктивные варианты.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
№ 1

ДК: 621.22

Бану, В.: *Геометрический и кинематический расчёт пневматических шаговых двигателей с радиальней установкой*

В работе представлены оптимальные величины основных параметров, которые паратеризируют конструкцию и функционирование шаговых пневматических и гидравлических двигателей кулачками с радиальной установкой и геометрического и кинематического расчета. Также, предлагается алгоритм размеров с 5 параметрами, предварительно выбранными или определенными заданием проектирования.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
№ 1, черт. 2, 1 табл. 1 библиографический источник

ДК: 621—34/38

Александреску, Н., Аврам, М.: *Характеристика регулировки расхода пневматических пропорциональных распределителей*

В работе представлена математическая модель системы пневматического привода с пропорциональным распределителем. Работа содержит и принципиальную схему пропорционального пневматического распределителя, а также характеристики регулировки расхода и выводы после использования этих характеристик, имея ввиду разные условия функционирования.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
№ 1, черт. 6, табл. 1, 4 библиографического источника

ДК: 626/627 : 621.2: 629.135

Чиобану, Е.: *Чистота жидкостей из гидравлических систем летательных аппаратов*

В работе представлены по мимо некоторых исходных понятий, занятия румынской аэровнатической промышленности и по включению в прописыванных некоторых норм.

В работе включены и значения некоторых экспериментальных определений чистоты жидкостей летательных аппаратов, находящихся в эксплуатации и из установок испытания и очистки. В заключении представляется предложения обеспечения чистоты жидкостей в процессе эксплуатации.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
№ 1, черт. 1, табл. 3, 5 библиографических источников

ДК: 621.375 : 532

Николау, И.: *Гидравлический следящий усилитель*

В работе представлены конструктивные особенности, математическая модель и элементы числового симулирования гидравлического следящего усилителя, которым оснащается регулятор частоты вращения паровой турбины 50, типа постоянного тока, 50/60 Гц.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
№ 1, черт. 3, 4 библиографического источника

ДК: 621.833

Мику, Ч., Букшан, С.: *Технологии для исполнения овальных полуфабрикатов*

В работе описывается технологические способы исполнения овальных полуфабрикатов для овальных зубчатых колес, применяющиеся в счётчиках расхода жидкостей фрезерованием или точением и проектирование при помощи ЭВМ необходимого кулачка.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
№ 1, черт. 8, 3 библиографического источника

ДК: 621—412 : 620.193: 621.357: 539.374

Антонеску, Симона, Ионашку, Джеоржета, Рэдулеску Габриела, Александреску Юлиа: *Испытания для переработывания характеров банды от периферных приборов*

В работе представлены несколько технологических видов для получения переработываний банды от периферных приборов, используя рабочие условные и неусловные методы. Были указаны результаты выполненных испытаний и рекомендации использования.

№ 1, черт. 7, 1 табл., 5 библиографических источников
Construcţia de maşini, 40 (1988),

CZ : 541.13

Dragomir, E. : **Modelarea matematică a procesului de prelucrare prin eroziune electrică a aliajelor dure tip G 10, în regim de finisare**

Pentru a evidenția influența parametrilor procesului de prelucrare asupra caracteristicilor tehnologice, s-a adoptat un sistem de experimentare programat statistic-metoda experimentului factorial. Această metodă cuprinde numai experiențele strict necesare pentru obținerea informațiilor dorite și face posibilă estimarea efectelor factorilor și a interacțiunii dintre ei, respectiv formularea ecuațiilor care descriu această funcție sub forma unui polinom.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 1, 1 fig., 3 tab., 3 ref. bibl.

CZ : 621.753 : 681

Brăgaru, A. : **Tipologia bazelor și a sistemelor de baze, în proiectarea dispozitivelor pentru prelucrări pe mașini-unelte**

Articolul abordează problematica bazelor (elementele arhitecturale de tip plan, dreaptă, punct) asociate piesei semifabricat și reazemelor, cuplu arhitectural director în proiectarea dispozitivelor pentru prelucrări pe mașini-unelte. Se evidențiază tipologia bazelor structura legăturilor dintre diferitele baze, poziția lor în sistemul arhitectural al dispozitivului cu implicații profunde în teoria și practica proiectării moderne a dispozitivelor pentru prelucrări pe mașini-unelte.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 1, 11 fig., 1 tab., 3 ref. bibl.

DC : 541.13

Dragomir, E. : **Mathematical modelling of the electric discharge process for G 10 hard alloys, under finishing canditions**

In order to reveal the influence of the machining process parametres on the technological characteristics, a statistically programmed experimental system has been adopted — the factorial experiment method. This method includes only experiments strictly required for obtaining the desired information and it makes it possible to evaluate the effects of the factors and their interaction as well as to write equations that describe this function as a polynomial.

Construcția de mașini, 40 (1988), No. 1, 1 fig., 3 tabs., 3 refs.

DC : 621.753 : 681

Brăgaru, A. : **The typology of the bases and systems of bases used in designing machine-tool attachment**

The paper deals with the problem of the bases (plane, straight line and dot type architectural elements) that define the workpiece and the bearings a guiding architectural couple in the design of machine-tool attachments. The typology of the bases, the structure of the connections between these bases, their position within the architectural system are presented with deep implications in the theory and practice of machine-tool attachments modern design.

Construcția de mașini 40 (1988), nr. 1, 11 fig., 1 tab. 3 refs.

CD : 621.375.9

Curatu, E., Suciu, M. : **Instalation d'usinage à faisceau laser pour la perforation les matériaux durs et extra-durs**

Dans cet ouvrage on décrit l'installation laser de puissance réalisée par un colectif mixte ICSIT—MFS et la chaire de mécanique de précision de l'Institut Polytechnique de Bucarest. L'istallation se fonctionne près de L'Entriprise de Mécanique de précision de Bucarest, étant utilisée à la perforation des filières en diamant.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 1, 2 fig., 3 ref. bibl.

CD : 541.13

Dragomir, E. : **Modèles mathématiques du processus d'usinage par érosion électrique des alliages durs type G 10, en régime de finition**

Pour mettre en évidence l'influence des paramètres du processus d'usinage sur les caractéristiques technologiques, on a adopté un système d'expérimentation programmé du point de vue statistique, la méthode de l'expériment à facteurs. Cette methode comporte seulement les expériences indispensables à l'obtention des informations desirées et rend possible l'estimation des effets des facteurs et de leur interaction, c'est à dire la rédaction des équations décrivant cette fonction sous la forme d'un polynôme.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 1, 1 fig., 3 tab., 3 ref. bibl.

CD : 621.753 : 681

Brăgaru, A. : **La typologie des bases et les systèmes de bases dans la conception des dispositifs pour les machines-outils**

L'articole traite la problématique des bases (eléments d'architecture de type plan, ligne, poin) du semi-fabricat et des appuis, couple d'architecture principal dans la conception des dipositifs pour les usinages sur les machines-outils. On met en évidence la typologie des bases, la structure des liaisons entre les différentes bases, leur position dans le système architectural du dipositif à profondes implications dans la théorie et la pratique de la conception moderne des dispositifs pour des usinages sur de machines-outils.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 1, 11 fig., 1 tab., 3 ref. bibl.

DK : 421-412 : 620.193 : 621.357 : 539.374

Antonescu, Simona, Ionașcu, Georgeta, Rădulescu, Gabriela, Alexandrescu, Iulia : **Erprobungen zur Bestimmung der Zeichen der Liniendrucker**

Dargestellt werden einige technologische Aspekte hinsichtlich der Erzielung des Druckerbandes auf Grund konventioneller und unkonventioneller Arbeitsverfahren. Es werden die Ergebnisse der durchgeführten Erprobungen sowie auch Einsatzempfehlungen angeführt.

Construcția de mașini, 40 (1988), No. 1, 7 Abb., 1 Tab., 5 bibl. Ref.

DK : 621.375.9

Curatu, E., Suciu, M. : **Bearbeitungseinrichtung mit Laserstrahl für das Bohren harter und superharter Werkstoffe**

Der Beitrag umfasst die Beschreibung einer Lasereinrichtung, welche von einem Kollektiv von Fachkräften des Forschungs und Entwicklungsinstitutes für Feinmechanik sowie auch vom Lehrstuhl für Feinmechanik des Polytechnischen Institutes in Bukarest realisiert wurde. Die Einrichtung befindet sich im Einsatz beim Feinmechanikbetrieb — Bukarest und wird zum bohren von Diamantdüsen verwendet.

Construcția de mașini, 40 (1988), No. 1, 2 Abb., 3 bibl. Ref.

DK : 541.13

Dragomir, E. : **Mathematische Modellierung der Bearbeitung harter Legierungen vom Typ G 10 im Schlichtbetrieb durch Elektroerosion**

Zur Hervorhebung des Einflusses der Parameter des Bearbeitungsverfahrens auf die technologischen Merkmale wurde ein statistisch programmiertes Experimentierungssystem eingesetzt — die Methode des faktoriellen Experimentes. Diese Methode umfasst nur die zum Erhalt der gewünschten Informationen unbedingt eforderlichen Experimente und ermöglicht die Einschätzung der Auswirkungen der Faktoren und deren Wechselwirkungen, bzw. die Formulierung von Gleichungen, welche diese Funktion unter der Form eines Polynomes beschreiben.

Construcția de mașini, 40 (1988), No. 1, Abb., 3 Tab., 3 bibl. Ref.

DK : 621.753 : 681

Brăgaru, A.: **Typologie der Grundlagen und Grundlagensysteme in der Projektierung der Vorrichtungen für Bearbeitungen auf Werkzeugmaschinen**

Der Artikel behandelt die Problematik der Grundlagen (architekturelle Elemente vom Typ der Ebene, der Gerade, des Punktes) Welche mit den Halbzeug zusammenhängen, sowie auch der Lagerungen — als richtungsbestimmende Paarung in der Projektierung der Vorrichtungen für Bearbeitungen auf Werkzeugmaschinen. Hervorgehoben werden die Typologie der Grundlagen, die Struktur der Verbindungen zwischen verschiedenen Grundlagen, ihre Stellung im architekturellen System der Vorrichtung, mit tiefgehenden Auswirkungen in der Theorie und Praxis der modernen Projektierung der Vorrichtungen für Bearbeitungen auf Werkzeugmaschinen.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 1, 11 Abb., 1 Tab., bibl. Ref.

ДК: 621.375.9

Курату, Е., Сучиу, М.: *Установка для обработки лазерным лучем для сверления твёрдых и сверхтвердых материалов*

В работе представляется лазерная мощностная установка, созданная колективом ИКСИТ-МФС вместе с кафедрой точной механики Политехнического института г. Бухарест. Установка находится в эксплуатации на Предприятии точной механики Бухарест, и используется для сверления алмазных фильер.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
№ 1, черт. 2, 3 библиографического источника

ATTENTION !

Foreign readers can subscribe through ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex : 10376 prsfir, Bucureşti, Calea Griviţei nr. 64—66.

ATTENTION !

Les lecteurs étrangérs de la revue pourront prendre des abonaments par ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex : 10376 prsfir, Bucureşti, Calea Griviţei nr. 64—66.

ДК: 541.13

Драгомир, Е.: *Математическое моделирование процесса обработки электроэрозией твердых сплавов типа 10, в режиме чистовой обработки*

С целью выявления параметров процесса обработки на технологические характеристики, была принята экспериментальная система, статистически программи экспериментальная система, статистически программированная — метод факториального эксперимента. Этот перименты для получения желаемых информаций и делает возможным оценку эффектов факторов и взаимодействия между ними, то есть формулировку уравнений, которые описывают эту функцию в виде полинома.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
№ 1, черт. 1, 3 табл., 3 библиографического источника

ДК: 621.753: 681

Брэгару, А.: *Типология баз и систем баз, при проектировании устройств для обработки на станках*

В статье изложена проблематика баз (архитектурных элементов типа плоскости, прямой, точкой) в сочетние заготовками и опорами, архитектурной ведущей пары при проектировании устройств для обработки на станках. Выявляется типология баз, структура связей между различными базами, их позиция в архитектурном системе устройства с глубокими следствиями в теорни и практики современного проектирования устройств для обработки на станках.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
№ 1, черт. 11, 1 табл. 3 библиографического источника

ACHTUNG !

Ausländische Leser können sich abonnieren durch ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex : 10376 prsfir, Bucureşti, Calea Griviţei nr. 64—66.

ВНИМАНИЕ !

Читатели иностранных стран могут абонироваться при ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex: 10376 prsfir, Bucureşti, Calea Griviţei nr. 64—66.

Revista „CONSTRUCŢIA DE MAŞINI", organ al Ministerului Industrei Construcţiilor de Maşini din Republica Socialistă România. Redacţia la : Oficiul de informare documentară pentru industria construcţiilor de maşini, cu sediul în Bucureşti, Calea Victoriei, 133, sector I, telefon 50.31.30 ; sau 59.71.35. Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament ICTCM, 30.16.7.01.01 B.N.—R.SR.. filiala sector IV sau prin mandat poştal la ICTCM, şos. Olteniţei nr. 105, Bucureşti, sector 4, pentru revista „Construcţia de maşini". Tarif : 150 lei anual. Costul unui exemplar : 12,50 lei.

Tiparul : Tipografia „Ploieşti" str. Transilvaniei, nr. 29.

CZ : 69.001 : 681.4

Metode de optimizare folosite la proiectarea sistemelor optice

Prof. dr. doc. ing.. Traian **DEMIAN**, asist. ing Daniel **BĂCESCU** – Institutul Politehnic București

Formularea problemei de optimizare

În cele mai multe ramuri ale științelor tehnice, realizarea unui anumit produs poate fi făcută în mai multe alternative, funcție de criteriile care stau la baza proiectării. Oricare ar fi aceste criterii, rezultatele proiectării conduc la alegerea valorilor variabilelor de proiectare, care pot fi : mărimi de natură fizică, valori pentru anumite proporții între aceste mărimi, sau valori pentru oricare dependență funcțională care poate fi stabilită între variabilele aduse în discuție. În munca proiectantului apare, astfel, aspectul proiectării optime, deoarece aceste valori pot fi alese în domenii largi, chiar în prezența unor limitări și restricții.

Metodele și tehnicile aplicate pentru determinarea soluției optime sînt cele dezvoltate în programarea matematică, unde trebuie formulată așa numita funcție de merit, pentru care căutăm un extrem. Ținînd cont de specificul programării matematice, metodele de optimizare au un caracter iterativ de lucru. Metodele de optimizare nu permit, în general, obținerea unor soluții calitativ diferite pentru problema în studiu, ci conduc la alegerea celor mai bune valori ale parametrilor constructivi ai soluției imaginate de utilizator sau de proiectant.

Definirea funcției de merit

O premiză fundamentală a teoriei optimizării este aceea de a evolua calitatea sistemelor optice într-un anumit punct, printr-un număr notat în mod curent cu Φ și care, în general, poartă numele funcției de merit. Această funcție, în teoria sistemelor optice, nu are nici un sens fizic.

Din punct de vedere matematic, e avantajos ca funcția de merit să fie continuă și diferențiabilă în domeniul parametrilor constructivi, fiind definită în mod obișnuit cu relația :

$$\Phi = \sum_{i=1}^{N} f_i^2, \tag{1}$$

unde f_i depinde în primul rînd, dar nu exclusiv, de cele N aberații folosite pentru a descrie performanțele sistemului optic. Pentru ca f_i să aibă un înalt grad de adaptabilitate se folosește relația :

$$f_i = W_i(F_i - T_i) \tag{2}$$

în care :

W_i este ponderea funcției i care poate să scoată mai mult în evidență o anumită aberație, potrivit scopului de utilizare al sistemului optic ;
F_i este aberația curentă a sistemului optic ;
T_i este ținta dorită pentru aberația F_i.

Aberațiile F_i sînt funcții care depind de toți parametrii constructivi x_j (j=1, M) ai sistemului optic cum ar fi : raze de curbură, separații de-a lungul axei optice, indici de refracție etc. Funcțiile f_i sînt funcții puternic neliniare. Topografia funcției de merit în hiperspațiile de definiție este, în general, o vale adîncă foarte lungă, cu părți abrupte.

Întrucît aberațiile sistemului optic, deci și funcția de merit, nu pot fi în general explicitate funcție de parametrii constructivi, se recurge în cele mai multe cazuri la dezvoltarea în serie Taylor, în jurul unui punct de referință, fie a funcțiilor f_i, fie a funcției de merit Φ și trunchierea acestei serii după termenii liniari, ceea ce impune efectuarea de modificări ale parametrilor constructivi într-un spațiu restrîns în jurul punctului de referință, numit spațiu de liniaritate, în care dezvoltarea în serie este acceptată.

Dezvoltînd în serie funcțiile f_i,

$$f_i = f_{oi} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial f_i}{\partial x_j}(x_j - x_{oj}), \tag{3}$$

rezultă funcția de merit în aproximația liniară

$$\Phi_L = \sum_{i=1}^{N} \left[f_{oi} + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial f_i}{\partial x_j}(x_j - x_{oj}) \right]^2, \tag{4}$$

sau dezvoltînd în serie funcția de merit se obține :

$$\Phi_L = \Phi_o + \sum_{j=1}^{M} \frac{\partial \Phi}{\partial x_j}(x_j - x_{oj}) \tag{5}$$

În aceste dezvoltări derivatele parțiale sînt calculate în punctul de referință X_{oj}.

Întrucît derivarea numerică este plină de dificultăți și riscuri, dovedindu-se total opusă tehnicii analitice de derivare care este, de obicei, ușoară în calcule se aplică funcție de precizia de care avem nevoie pentru aproximarea derivatei formulele :

$$\text{a)}\quad \frac{\partial f_i}{\partial x_j} = D_{ij} \cong \frac{f_i(x_{oj} + \Delta x_j) - f_i(x_{oj})}{\Delta x_j}; \tag{6}$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x_j} = G_j \cong \frac{\Phi(x_{oj} + \Delta x_j) - \Phi(x_{oj})}{\Delta x_j}; \quad (7)$$

(8)

b) $$\frac{\partial f_i}{\partial x_j} = D_{ij} \cong \frac{f(x_{oj} + \Delta x_j) - f_i(x_{oj} - \Delta x_j)}{2\Delta x_j}; \quad (9)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x_j} = G_j \cong \frac{\Phi(x_{oj} + \Delta x_j) - \Phi(x_{oj} - \Delta x_j)}{2\Delta x_j}$$

Se precizează că funcţiile la care ne referim depind de toţi parametrii constructivi, însă pentru simplificarea scrisului, în paranteză s-a scris numai parametrul care capătă o modificare. A doua formă de calcul al derivatei parţiale este mult mai precisă decît prima, dar are dezavantajul unui volum dublu de calcule. Se foloseşte la metodele în care precizia derivatei trebuie să fie mare, sau în etapa finală de optimizare cu oricare metodă. Acurateţea aproximării derivate parţiale depinde de aberaţii şi de valoarea Δx_j care este singurul factor sub controlul nostru. Alegerea mărimii optime pentru Δx_j este dificilă şi necesită unele experimentări numerice. O metodă empirică (a dat rezultate) este aceea că în cazul cînd cuvîntul calculatorului are n zecimale exacte, atunci creşterea Δx_j se face procentual cu mărimea $10^{-n/2}$, constantă pentru toate variabilele sistemului optic;

$$\Delta x_j = x_j 10^{-n/2} \quad (10)$$

Metode de optimizare folosite la calculul sistemelor optice

Metodele de căutare a minimului unei funcţii de M variabile pot fi împărţite funcţie de complexitatea informaţiilor pe care programul de optimizare le prelucrează în :

— metode simple de optimizare, care folosesc numai informaţii locale despre valorile aberaţiilor şi ale funcţiei de merit. Din această categorie fiind semnificative: metoda numerelor aleatoare şi metoda de căutare unidimensională;

— metode complexe de optimizare, care folosesc informaţii locale despre valorile aberaţiilor şi ale funcţiei de merit, precum şi informaţii despre derivatele parţiale ale aberaţiilor, sau ale funcţiei de merit. Din această categorie vor fi exemplificate numai metoda celor mai mici pătrate, metoda celor mai mici pătrate amortizate şi metoda gradienţilor conjugaţi.

Metoda numerelor aleatoare. Această metodă are la bază generarea unor numere aleatoare în domeniul de definiţie al parametrilor constructivi, numere care se atribuie variabilelor de proiectare urmînd a calcula valoarea funcţiei de merit pentru fiecare grup de valori date componentelor. Luînd un număr mare de încercări şi presupunînd că numerele aleatoare au o distribuţie uniformă în domeniul de definiţie considerat, se va lua ca valoare minimă a funcţiei de merit cea mai mică valoare calculată. Restrîngînd domeniul de definiţie al parametrilor constructivi în jurul acestei valori şi repetînd procedura pînă cînd domeniul de definiţie al parametrilor constructivi devine suficient de mic, se ajunge la găsirea soluţiei care aproximează cu o anumită precizie minimul global al domeniului de definiţie pentru parametrii constructivi ai sistemului optic.

Metoda de căutare unidimensională. Această metodă se bazează pe modificarea succesivă a valorilor variabilelor de proiectare. În acest sens se porneşte cu modificarea primei componente, atîta timp cît funcţia de merit se deplasează către minim, apoi se trece la a doua componentă şi aşa mai departe, pînă se termină toţi parametrii supuşi modificărilor, urmînd a se relua procedura pînă cînd variaţia funcţiei de merit devine nesemnificativă.

Metoda celor mai mici pătrate. Se ştie că funcţia de merit are un minim acolo unde sînt îndeplinite condiţiile :

$$\frac{\partial \Phi}{\partial x_k} = 0 \qquad (k = 1, M) \quad (11)$$

Acţionînd în acest mod asupra funcţiei de merit, în aproximaţia liniară (4), se obţine un sistem de M ecuaţii cu M necunoscute, din care se calculează modificările parametrilor constructivi ai sistemului optic.

Adoptînd notaţia matricială, sistemul construit din condiţiile (11) se scrie :

$$A^T A(X - X_0) + A^T F_0 = 0, \quad (12)$$

pentru care avem soluţia :

$$X - X_0 = -(A^T A)^{-1} A^T F_0 \quad (13)$$

Metoda celor mai mici pătrate, care constituie una din primele metode de căutare a minimului unei funcţii, s-a dovedit ineficientă în conexiune cu utilizarea calculatoarelor, deoarece, datorită deplasărilor succesive, se ajunge la o mişcare ciclică în zigzag, fără a se atinge minimul. Această pendulare în jurul soluţiei de optim se datorează calculului cu precizie finită al funcţiei de merit şi al derivatelor parţiale, precum şi depăşirii cu uşurinţă a domeniului de liniaritate cerut de dezvoltarea în serie a funcţiei de merit. Numeroasele încercări şi metode dezvoltate pînă în prezent urmăresc depăşirea acestor inconveniente.

Metoda celor mai mici pătrate amortizate. Această metodă acţionează pentru minimizare nu asupra funcţiei de merit dată de relaţia (1), ci a unei noi funcţii definită de relaţia :

$$\sum_{i=1}^{N} f_i^2 + p^2 \sum_{j=1}^{M} (x_j - x_{oj})^2 \quad (14)$$

Soluţiile acestei ecuaţii vor fi un compromis între soluţia celor mai mici pătrate şi o soluţie care va ţine, în mod corespunzător, variaţia parametrilor constructivi în domeniul de liniaritate al dezvoltării în serie a funcţiei de merit.

Scalarul p poartă numele de factor de amortizare şi are rolul de a menţine lungimea pasului de schimbare a parametrilor constructivi în limite normale. Scrierea matricială, ţinînd cont de noua definiţie a funcţiei de merit, este :

$$(A^TA + p^2I)(X - X_0) + A^TF_0 = 0, \quad (15)$$

unde I este matricea unitate de ordinul M, soluţia sistemului fiind :

$$X - X_0 = -(A^TA + p^2I)^{-1}A^TF_0 \quad (16)$$

Lungimea pasului de schimbare a parametrilor constructivi este limitată în practică de valoarea lui p, determinată de neliniaritatea sistemului (15). O valoare mare pentru p micşorează schimbările parametrilor constructivi, în timp ce o valoare mică a lui p măresc aceste schimbări. Dacă $p=0$ sîntem în domeniul metodei celor mai mici pătrate. Gama liniarităţii sistemului (15) impune ca p să ia valori într-un anumit domeniu relativ mic.

Regulatorul de menţinere a procesului de corecţie în domeniul de liniaritate îl reprezintă tehnica de selectare a factorului de amortizare. În continuare se prezintă două proceduri de selectare a factorului de amortizare.

Pentru înţelegerea acestui proces, se vor indica rezultatele investigaţiilor experimentale care au condus la metodele de selectare a factorului de amortizare.

Cunoscînd valoarea funcţiei de merit şi a derivatelor parţiale, într-un punct de referinţă din spaţiul parametrilor constructivi, se calculează soluţia sistemului (15), dată de relaţia (16), pentru un factor de amortizare ales arbitrar. Modificările parametrilor constructivi produse cu acest factor de amortizare se vor resimţi atît la valoarea funcţiei de merit, calculată cu relaţia (1) şi notată cu Φ^* precum şi la valoarea funcţiei de merit calculată cu formula aproximativă (4) notată cu Φ_L^*. Repetînd experimental pentru un şir de valori ale factorului de amortizare şi raportînd efectul acestuia la valoarea funcţiei de merit din punctul de referinţă Φ_0, obţinem curbele reprezentate în figura 1, unde curba C_1 reprezintă variaţia raportului Φ^*/Φ_0, iar curba C_2 variaţia raportului Φ_L^*/Φ_0. Rezultate asemănătoare se obţin cu aceleaşi experimentări pentru puncte de referinţă diferite.

Analiza acestor grafice arată că factorul de amortizare are efectul dorit asupra modificărilor parametrilor constructivi, dacă el se află în limitele domeniului nehaşurat. Valori mai mici ale factorului de amortizare decît p_a conduc la schimbări care violează domeniul de liniaritate al dezvoltării în serie ; valori

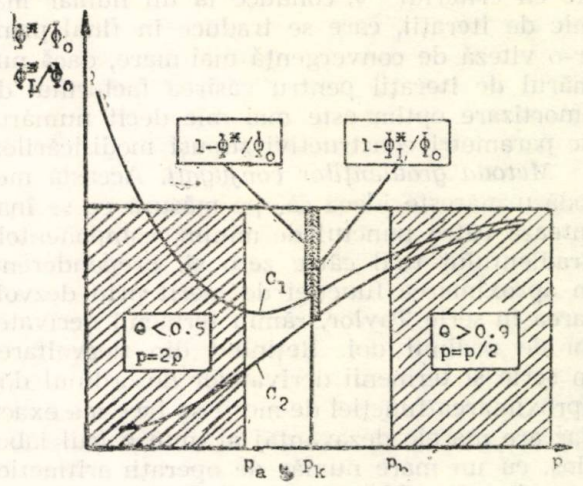


Fig. 1 Influenţa factorului de amortizare asupra funcţiei de merit calculată cu formula exactă şi cu formula aproximativă.

mai mari ale factorului de amortizare decît p_b vor conduce la schimbări neeconomice în ceea ce priveşte viteza de convergenţă a procesului de optimizare. Practic, existenţa lui p în interiorul domeniului p_ap_b este pusă în evidenţă de raportul :

(17)

$$\theta = \frac{1 - \Phi^*/\Phi_0}{1 - \Phi_L^*/\Phi_0} = \frac{\Phi_0 - \Phi^*}{\Phi_0 - \Phi_L^*}, \text{ şi anume}$$

— dacă $0.5 \leqslant \theta \leqslant 0.9$ se poate considera valoarea lui p ca bună ;

— dacă $0 < \theta < 0.5$ va trebui să mărim valoarea lui p (de exemplu de două ori) ;

— dacă $\theta > 0.9$ va trebui să micşorăm valoarea lui p (de exemplu la jumătate) ;

— dacă $\theta < 0$ se vor abandona schimbările şi se va mări valoarea lui p (de exemplu de două ori).

Dirijarea procesului de optimizare prin selectarea factorului de amortizare după criteriul raportului θ reprezintă prima modalitate de selectare care în practică a dus la rezultate bune.

A doua modalitate de selectare a factorului de amortizare este legată de observaţia care reiese din figura 1 şi anume că viteza de înaintare a procesului de optimizare ar fi mai mare, dacă la fiecare iteraţie s-ar reuşi să se reţină valoarea factorului de amortizare pentru care raportul Φ^*/Φ_0 ar îndeplini condiţia de extrem :

$$\frac{\partial(\Phi^*/\Phi_0)}{\partial p} = 0 \quad (18)$$

Acest extrem se găseşte relativ uşor necesitînd un timp mai îndelungat de calcul pentru o iteraţie, dar care datorită unei mai bune alegeri a factorului de amortizare, în comparaţie cu criteriul θ, conduce la un număr mai mic de iteraţii, care se traduce în final printr-o viteză de convergenţă mai mare, dacă numărul de iteraţii pentru găsirea factorului de amortizare optim este mai mic decît numărul de parametri constructivi supuşi modificărilor.

Metoda gradienţilor conjugaţi. Această metodă urmăreşte ideea că, pe măsură ce se înaintează către punctul de minim, componentele gradientului tind către zero şi, preponderent, în aproximarea funcţiei de merit prin dezvoltarea în serie Taylor, rămîn termenii derivatelor de ordinul doi. Reţinînd din dezvoltarea în serie şi termenii derivatelor de ordinul doi, aproximarea funcţiei de merit se face ma exact, dar are marele dezavantaj al unui calcul laborios, cu un mare număr de operaţii aritmetice pe o iteraţie. Efectul fizic al prezenţei derivatelor de ordinul doi este de a introduce în procesul de optimizare corecţii care să anihileze abaterile de la înaintarea către punctul de minim.

Metoda gradienţilor conjugaţi construieşte direcţia care anihilează erorile de înaintare fără a calcula derivatele de ordinul doi, acţionînd asupra direcţiei de înaintare S_{k+1} printr-o combinaţie liniară între direcţia S_k şi gradientul G_{k+1} utilizînd raportul :

$$\beta_{k+1} = \frac{|G_{k+1}|^2}{|G_k|^2}$$

În scopul satisfacerii acestei cerinţe, relaţia care defineşte noua direcţie de înaintare către punctul de minim este :

$$S_{k+1} = S_k \beta_{k+1} - G_{k+1}, \qquad (20)$$

unde pentru prima iteraţie $S_0 = -G_0$.

Algoritmul de calcul urmăreşte direcţia de înaintare S_{k+1}, atîta timp cît funcţia de merit scade, după care se calculează o nouă direcţie de înaintare conform cu relaţiile (19) şi (20), pînă cînd se întîlneşte o condiţie de stop.

De reţinut că în această metodă se impune calculul punctului de minim după direcţia de înaintare S_{k+1} cu mare pecizie, întrucît algoritmul presupune că toate direcţiile de înaintare sînt mutual conjugate.

Studiul eficienţei metodelor prezentate

Primele două metode prezentate sînt rar folosite în proiectarea sistemelor optice, datorită slabei convergenţe de care dau dovadă, motiv pentru care ele nu vor fi analizate în continuare. Se poate preciza, totuşi, că metoda numerelor aleatoare se poate folosi pentru a calcula punctul de start, în cazul aplicării unor metode de optimizare eficiente, datorită capacităţii ei de a aproxima minimul global, spre deosebire de toate celelalte metode care aproximează numai un minim local.

Forma funcţiilor folosite pentru optimizare nu este semnificativă, atîta timp cît ceea ce interesează este metoda de optimizare ; de aceea, pentru o exemplificare uşoară, se va acţiona asupra unui colectiv simplu, de tip triplet dezlipit, cu caracteristicile paraxiale $f' = 49{,}52$ mm, $s_{f'} = 39{,}24$ mm, $i_{HH'} = -0{,}19$ mm, pentru care se inpun ţintele $f' = 50$ mm, $s'_{f'} = 50$ mm, $i_{HH'} = 0$ mm. Ceea ce se urmăreşte este eficienţa algoritmului, măsurată în capacitatea sa de a rezolva problema dată cu o anumită acurateţe, în condiţiile unui consum minim de timp. Se va evita totuşi folosirea timpului de calcul ca atare, care depinde de viteza de calcul a calculatorului folosit. Se va considera timpul consumat proporţional cu numărul de evaluări ale funcţiei de merit, cu toate că timpul total de calcul depinde de numărul operaţiilor logice necesare algoritmului, dar acest lucru ar face dificilă comparaţia. Cu aceleaşi condiţii de stop, comportarea metodelor folosite prezentate pentru comparaţie, pe modelul considerat, a fost următoarea :

a) Metoda celor mai mici pătrate amortizate, cu selectarea simplă a factorului de amortizare, după 43 de reluări ale funcţiei de merit, s-a oprit la valoarea $\Phi = 8{,}24\ 10^{-11}$.

b) Metoda celor mai mici pătrate amortizate, cu selectarea optimă a factorului de amortizare, după 58 de reluări ale funcţiei de merit, s-a oprit la valoarea $\Phi = 3{,}63\ 10^{-17}$.

c) Metoda gradienţilor conjugaţi, după 150 de reluări ale funcţiei de merit, s-a oprit la valoarea $\Phi = 1{,}8\ 10^{-4}$.

Analiza rezultatelor obţinute pe exemplul considerat arată eficienţa primelor două metode în comparaţie cu a treia.

Concluziile acestui experiment trebuie judecate ca orice concluzii experimentale ; ele sînt susceptibile de modificări pe măsură ce numărul experimentărilor creşte şi pe măsură ce se folosesc şi funcţii mai complicate pe diferite sisteme optice.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Fox, R.L.* : Optimization Methods for Engineering. Design. London Addison-Wesley, 1971.

[2] *Kidger, M.J., Wynne, C.G.* : Experiments with lens optimization procedures. Optica Acta, 1967, vol. 14, no. 3, 279—288.

[3] *Vicenţiu, D.* : Programarea neliniară. Editura Academiei R.S.R. Bucureşti, 1975.

[4] *Călin, S., Dumitrache, I.* : Optimizări în automatizări industriale. Editura Tehnică, Bucureşti, 1979.

[5] *Dorn, W.S., McCracken, D.D.* : Metode numerice cu programe in FORTRAN. Editura Tehnică, Bucureşti, 1976.

CZ : 681.4

Contribuții la teoria și construcția interferometrelor

Prof. dr. ing. Petre DODOC — Institutul Politehnic București

Generalități

Fenomenul de interferență și aparatura concepută și realizată pentru producerea și utilizarea acestuia prezintă un interes teoretic și practic de importanță excepțională nu numai pentru metrologie, ci și pentru numeroase alte domenii ale științei și tehnicii. Din acest motiv, atît aparatele și instalațiile interferențiale cu surse de radiații clasice, cît și cele cu radiații laser sînt perfecționate continuu și folosite pentru măsurarea celor mai diferite mărimi fizice. Deși schemele de principiu ale interferometrelor se cunosc și firme specializate au produs și produc diferite aparate interferențiale, literatura nu oferă date suficiente nici pentru materializarea schemelor acestei aparaturi interferențiale complexe, nici pentru calculul sistemelor lor componente. De aceea în cele ce urmează, autorul își propune să prezinte cîteva date și observații privind teoria, construcția, ajustarea și funcționarea aparatelor interferențiale care încorporează schemele clasice.

Pentru reducerea textului s-a urmărit realizarea unor scheme optice cît mai complete și mai sugestive.

Interferometrul Fabry — Perot

Interferometrul Fabry — Perot, numit și etalon (fig. 1), cunoscut din anul 1897, este

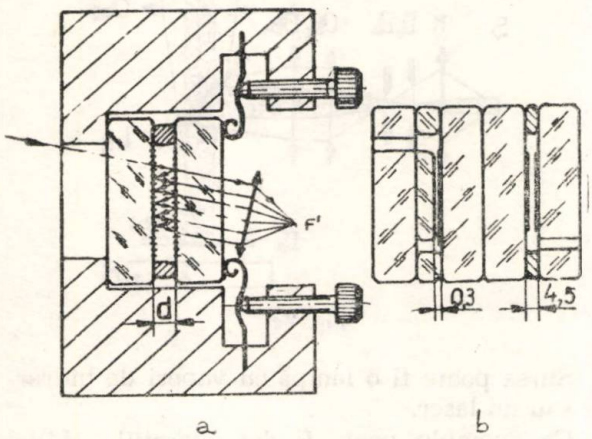


Fig. 1

alcătuit din două pene transparente (cu unghiul de refracție $A = 0{,}5°$), ale căror suprafețe interioare sînt parțial reflectate și paralele, situate la distanța d. Penele pot fi executate din sticlă optică, cuarț, sau din sticlă cuarț și sital. Distanța d se realizează cu trei lame plan — paralele din sticlă, trei cale plan — paralele, trei bile de rulment, ori cu un inel din invar. Ajustarea se realizează prin variația grosime d. În planul focal imagine al unui sistem optic convergent, pot fi localizate franje temperaturii, ori a presiunii, în camera cu Haidinger conform relației $m\lambda = 2dm \cos \varepsilon$, în care $m = 0, 1, 2....$ În figurile 1, a, b se dau două soluții constructive. Utilizare : comparatoare interferențiale în metrologie, filtre, etc.

Interferometrul Fizeau

Interferometrul Fizeau poate fi conceput pentru a funcționa cu franje de egală grosime (Fizeau) sau cu franje de egală înclinare (Haidinger). Tabloul de franje Fizeau reprezintă o excelentă măsură cu repere (riglă), cu diviziunea variabilă și cu valoarea diviziunii constantă ($\lambda/2$) ce poate fi interpolată cu un interpolator.

Interferometrul Fizeau cu franje Fizeau (fig. 2, a) este constituit din sursa **S**, condensorul **K**, diafragma de cîmp **Dc** (lucarna de intrare **Li**), diafragma de apertură **DA** (pupila de intrare **Pi**), obiectivul **Obc**, lama divizoare **Ld**, lama divizoare de referință **LdR**, obiectivul **ObL**, lentila de tub **LT**, reticulul **R** și ocularul **Oc**. Obiectivul **Obc** formează imaginea reală L'_e a diafragmei **Dc** în planul lamei divizoare **LdR**, înclinată față de măsurandul **Og**, limitînd net cîmpul obiect. Obiectivul **ObL** formează imaginea acestei imagini la infinit, imagine care este obiect pentru lentila de tub **LT**. Această lentilă formează imaginea L'_e în planul său focal imagine F'_{LT}, plan în care se formează și imaginea tabloului de franje Fizeau suprapus cu reticul **R**. Ochiul, situat în pupila de ieșire **Pe**, privește fără acomodare tabloul de interferență prin ocularul cu cîmp mare **Oc**.

Fasciculul incident pe lama **LdR** este divizat în două părți : cel transmis ajunge pe suprafața măsurand **Og**, se reflectă, trece prin lama **LdR** și se interferează cu fasciculul reflectat de **LdR**, luînd naștere franje Fizeau. Dacă suprafața măsurand prezintă abateri de la forma plană, franjele apar deformate. Abaterile pot

fi evaluate vizual, cu impreciza $\lambda/10 \ldots \lambda/20$, sau mult mai precis, cu ajutorul unui interpolator.

Diafragma de apertură se montează în planul focal obiect al obiectivului **Obc**. Aşadar, măsurandul **Og** este iluminat cu fascicule telecentrice. După cum se observă, dispozitivul de iluminare are aceeaşi schemă cu dispozitivul lui A. Köhler pentru microscoape. Condensorul poate fi alcătuit din două lentile plan — convexe, sau dintr-un menisc aplanetic convergent şi o lentilă de cea mai bună formă. Obiectivele, care pot fi identice, şi lentila de tub, ale căror scheme tip sînt reprezentate în figura 2, a se calculează pentru abscisa obiect $s = -\infty$.

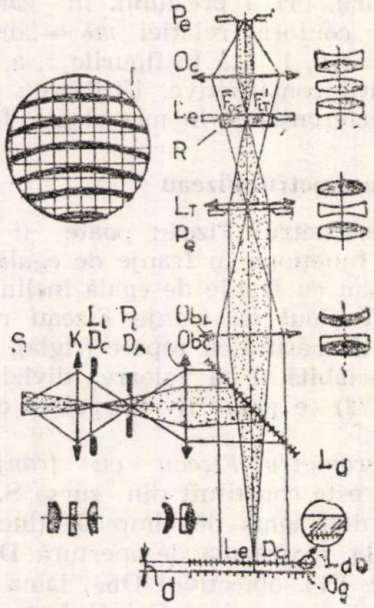


Fig. 2a

Întrucît distanţele focale ale obiectivelor trebuie să fie mari, în schema optică se introduc elemente deviatoare, în scopul obţinerii unei construcţii cu gabarit minim şi, mai ales, pentru a se asigura o poziţie de lucru comodă. Ca exemplu de aparat comercial, poate fi menţionat interferometrul de tip I — 220, fabricat, de firma Möller (fig. 2, b).

Interferometrul Fizeau cu franje Haidinger (fig. 2, c) se deosebeşte de cel cu franje Fizeau prin existenţa sistemului **Ob1** şi lipsa lentilei de tub. Obiectivele **Ob1** şi **Ob2** au focarele F'_{Ob1} şi F_{Ob2} suprapuse în planul măsurandului, plan în care se formează şi imaginea reală a diafragmei de apertură **DA**. Tabloul de interferenţă se formează la infinit, suprapus cu imaginea diafragmei de cîmp **Dc** şi este localizat în planul focal obiect al ocularului **Oc** de obiectivul **Ob2**. Deplasarea măsurandului de-a lungul axei optice are ca urmare variaţia diametrelor inelare Haidinger. Aşadar, se poate măsura abaterea de la paralelism şi lungimea prin măsurarea franjelor şi amplificarea cu $\lambda/2$.

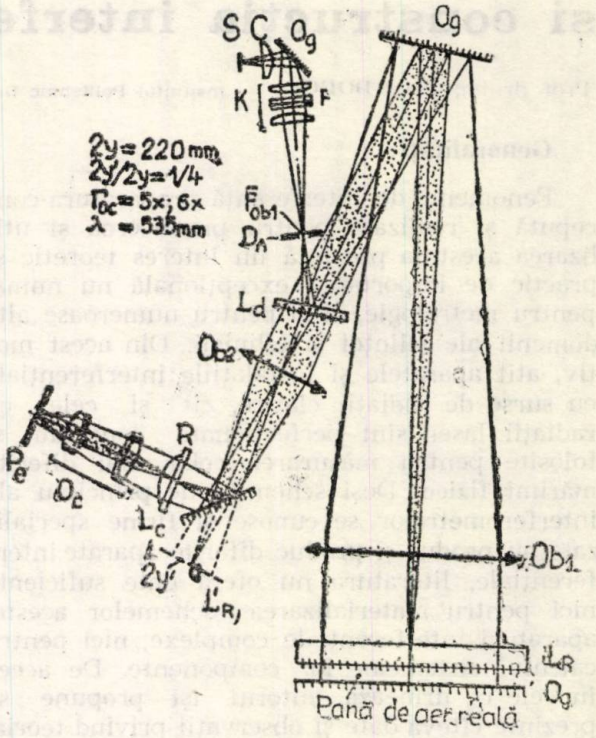


Fig. 2b

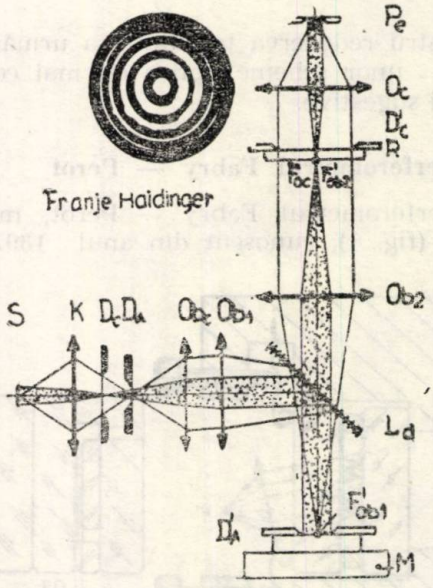


Fig. 2c

Sursa poate fi o lampă cu vapori de hidrargir sau un laser.

Ca exemplu poate fi dat aparatul „Möller — Interferenzgerät II — 100", care are următoarele caracteristici : lamele divizoare au abaterile de la planeitate $\lambda/50$; $\Gamma_{oc} = 10\ x$, $27\ x$, şi $25\ x$; $2y/\Gamma = 100/1{,}6\ x$; $85/2\ x$; $65/3\ x$; $38/5\ x$; $2y = 100$ mm.

Interferometrul Michelson

Interferometrul creat de Michelson în anul 1880 poate fi realizat pentru franje Fizeau și pentru franje Haidinger.

Interferometrul Michelson cu franje Fizeau (fig. 3, a) este construit din trei părți principale : dispozitivul de iluminare, interferometrul

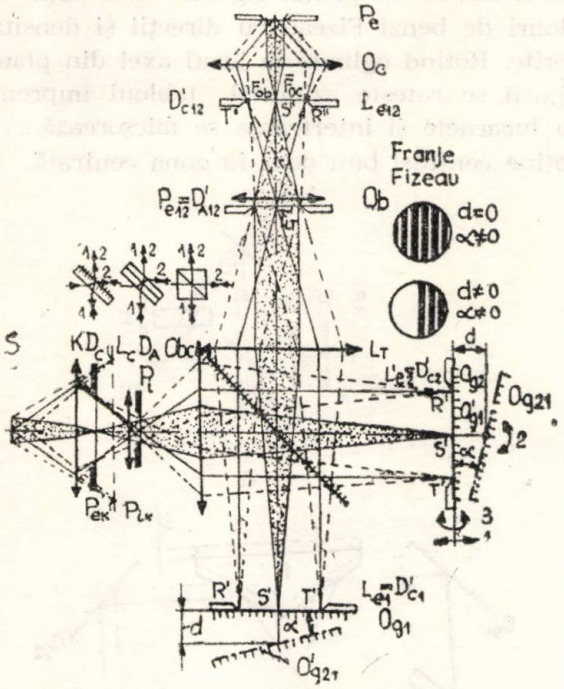


Fig. 3*b*

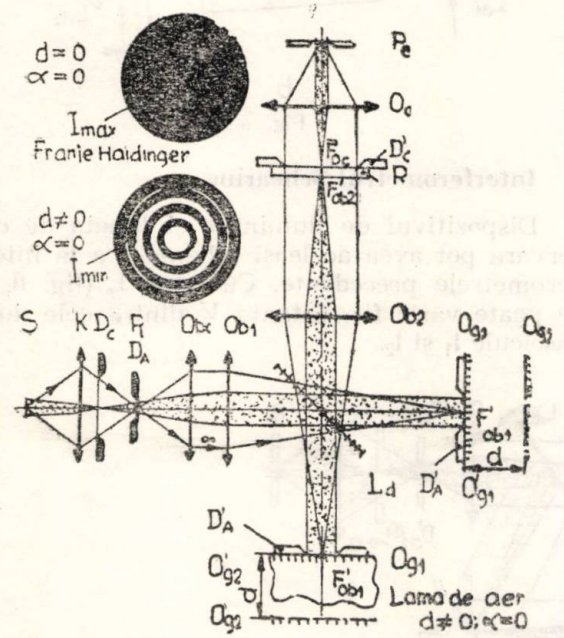


Fig. 3*a*

propriu-zis și luneta de observare. După cum se observă în figură, oglinda de referință **Og2** trebuie prevăzută cu mijloace de realizare a trei mișcări : 1, 2 și 3. La înclinarea uneia dintre oglinzi cu unghiul mic α, între fiecare oglindă și imaginea celeilalte ia naștere un tablou de benzi Fizeau. Dacă una dintre oglinzi se deplasează ($d \neq 0$), se deplasează și benzile. Acest fenomen stă la baza exprimării unei lungimi d în funcție de λ, folosind — spre exemplu — metoda excedentelor fracționare. Cînd suprafața uneia dintre oglinzi este deformată, se deformează franjele. Această deformație, a cărei valoare minimă poate fi de ordinul 0,03 μm, poate fi măsurată cu ajutorul unui interpolator.

Întrucît obiectivele sînt telecentrice, ele se calculează pentru abscise $s = -\infty$. Cînd divizorul **Ld** este o lamă, trebuie compensat drumul optic — operație deosebit de delicată, De aceea sînt avantajoase sursele laser.

La măsurarea lungimilor, se va avea în vedere ca lungimea d a măsurandului să fie mai mică decît lungimea de coerență a radiației folosite. Pentru determinarea lungimilor mai mari decît lungimea de coerență, se folosește metoda dedublării distanței.

Interferometrul Michelson cu franje Haidinger (fig. 3, b)

Așa cum rezultă din figură, la variația distanței d, între lungimea unei oglinzi și cealaltă oglindă se formează o lamă de aer. Cînd grosimea lamei d este variabilă și mai mică decît lungimea de coerență, în cîmpul vizual apare tabloul de franje Haidinger în mișcare, adică în centrul tabloului de interferență apar semnale luminoase și întunecoase ce pot fi numărate electronic. Pentru discriminarea sensului mișcării trebuie introdus un element care să defazeze fasciculele din cele două ramuri cu $\lambda/2$.

Interferometrul Twymann — Green

În figura 4, a este reprezentată schema optică a unui interferometru de tip Michelson, modificat de Twymann, și Green, în scopul verficării calității sistemelor optice. Modificarea constă în înlocuirea oglinzii de referință plană cu una sferică. Oglinda plană **Og1** trebuie să poată fi înclinată în jurul a două axe perpendiculare. Deplasarea tabloului de interferență Fizeau se realizează prin înclinarea unei lame de compensare, iar compensarea drumului optic cu o a doua lamă **Lc**.

Figura 4, b reprezintă schema unui interferometru cu laser pentru verificarea suprafețelor asferice prin metoda „control zero". În schema optică s-o introdus un element optic compensator, în formă de rețea curbă, numită hologramă sintentică, care acționează ca lentilă asferică.

Interferometrul Mach — Zehnder

Interferometrul Mach — Zehnder datează din anul 1891. Schema sa, reprezentată în

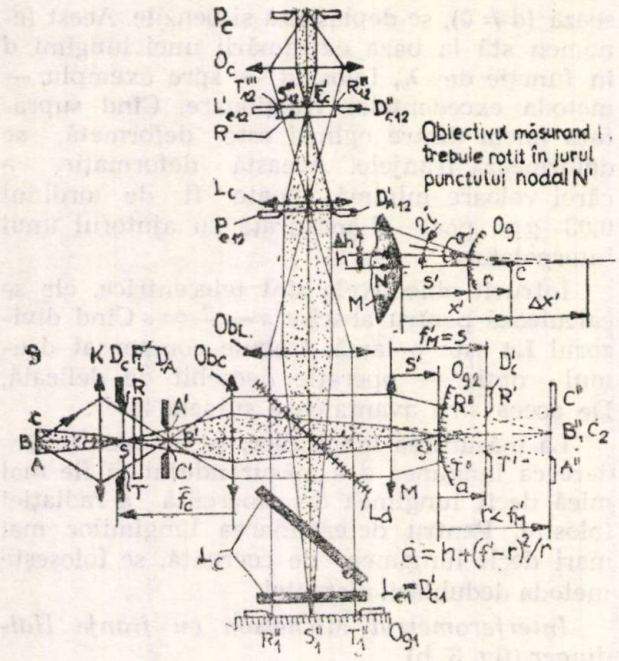


Fig. 4a

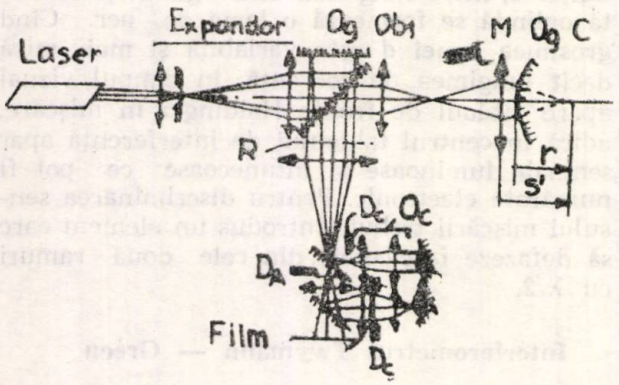


Fig. 4b

figura 5, conține tot un dispozitiv de iluminare telecentric care separă imaginea sursei de imaginea tabloului de interferență și limitează net cîmpurile.

Imaginea oglinzii **Og2** în lama divizoare **Ld2** trebuie să se formeze la jumătatea distanței **Og1 — Ld2** și suprapusă cu imaginea $\mathbf{D'_{c1}}$ a lucarnei de intrare **Dc**. Prin înclinarea oglinzii **Og2** în jurul a două axe — paralelă și perpendiculară cu planul figurii — se obțin tablouri de benzi Fizeau cu direcții și densități dorite. Rotind oglinda în jurul axei din planul figurii se rotește azimutal tabloul împreună cu lucarnele și interfranja se micșorează: se obține contrast bun doar în zona centrală.

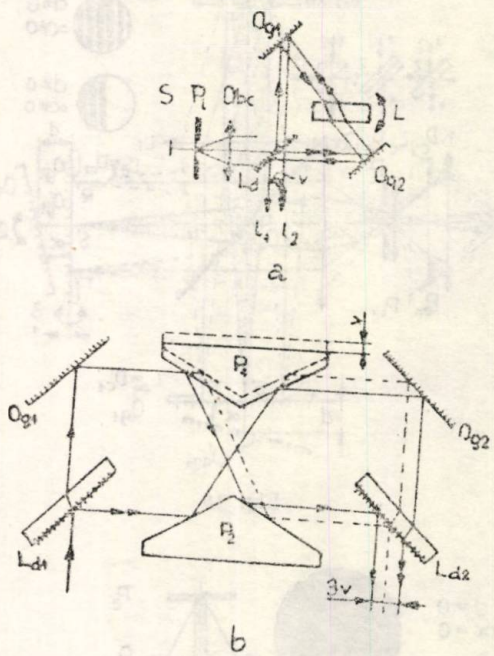


Fig. 6

Interferometrul Schearing

Dispozitivul de iluminare și luneta de observare pot avea aceleași scheme ca la interferometrele precedente. Cu lama L (fig. 6, a) se poate varia fie distanța *V* dintre cele două fascicule l_1 și l_2.

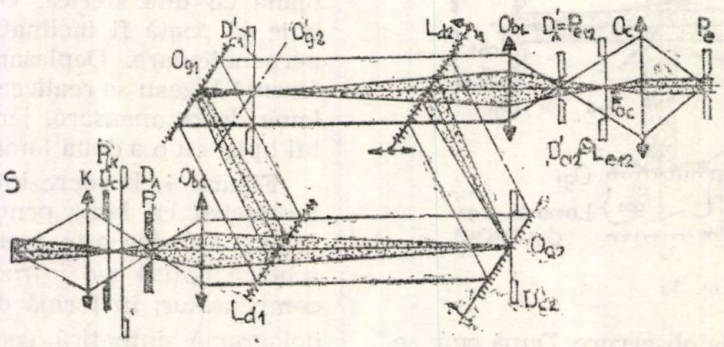


Fig. 5

Schema dată de R. Thiem (fig. 6, b), care reprezintă o combinație Mach — Zehnder și Schearing, permite variația distanței dintre fascicule prin deplasarea prismei P_1.

În afara celor menționate, se mai cunosc și alte numeroase interferometre: Brewster, Jamin, Lummer — Gehrche, Reyleigh — Haber — Löwe, Young, Väisälä, precum și numeroase alte combinații.

Ajustarea interferometrelor

Pentru realizarea unui tablou de interferență corect, este necesar să fie satisfăcute următoarele condiții:

1) conectarea corectă a tuburilor luminoase;

2) separarea imaginii sursei de imaginea tabloului de interferență;

3) perechile de pupile să se suprapună perfect;

4) perechile de lucarne să se suprapună;

5) drumurile optice în cele două ramuri să fie egale;

6) Intensitățile și gradele de polarizare ale celor două fascicule să fie identice.

Pentru satisfacerea acestor condiții sînt necesare sisteme optice de înaltă calitate și elemente mecanice de mare precizie care să le poziționeze corect.

Cu toate acestea, s-au dovedit absolut necesare elemente optice de ajustare a drumurilor optice, precum și de deplasare axială și transversală a pupilelor și a tabloului de interferență. Spre exemplu, dacă pupilele sînt deplasate axial, franjele apar curbate și rezultatul măsurării este eronat.

Pentru compensarea drumurilor, se folosesc lame cu grosime variabilă, alcătuite din pene, iar pentru deplasări laterale se recomandă oglinzi și lame înclinate.

CZ : 69.001 : 681.4

Optimizarea parametrilor de lucru ai sistemelor optice pentru recunoașterea configurațiilor de aliniere utilizate în microelectronică

Dr. ing. Eugen **CURATU**, — Institutul Politehnic București
Ing. Mircea **DUȘA** — C.C.S.I.T.-C.E. București

Introducere

Principala cerință în tehnologia de microelectronică este asigurarea, în timpul etapelor de litografiere, a alinierii unor geometrii care se expun succesiv pe placheta de siliciu, pentru obținerea în final a structurilor de circuite integrate. În vederea asigurării unei alienieri avînd o precizie de $\pm$ 0,25 μm, absolut necesară în cazul realizării pe siliciu a unor geometrii minime de 2—3 μm, se folosește o tehnică de expunere prin proiecție cu autoaliniere la fiecare expunere, cunoscută sub denumirea de „fotorepetare pe plachetă, pas cu pas". Cheia acestei noi tehnici este recunoașterea de către sistemul optic de expunere prin proiecție a unor configurații specifice, gravate la începutul procesului de expunere pe placheta de siliciu. Principiul expunerii prin protecție cu repetare și aliniere pas cu pas se prezintă în figura 1. Recunoașterea configurațiilor de pe siliciu se bazează pe îmbinarea a doi factori:

— structura sistemului optic cu apertură numerică mare și iluminare monocromatică de coerență reglabilă;

— forma, profilul din siliciu, contrastul obținut pentru configurațiile de aliniere, care

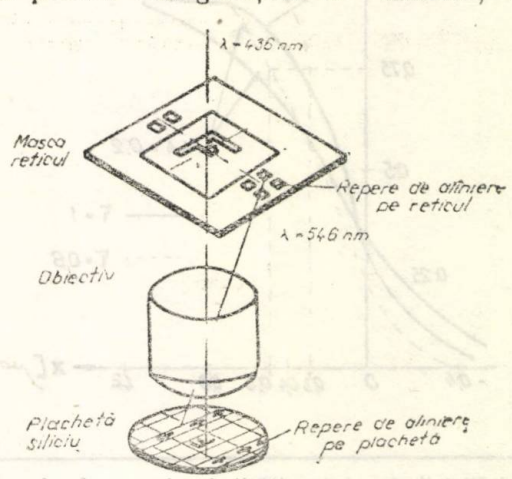


Fig. 1 Principiul microlitografierii prin proiecție cu repetare și autoaliniere pas cu pas.

trebuie să fie recunoscute de sistemul optic pe tot parcursul procesului tehnologic de microlitografie.

Lucrarea de față își propune studiul sistemului optic de recunoaștere a reperelor, din punctul de vedere al influenței acestuia asupra recunoașterii, precum și al unei configurații de

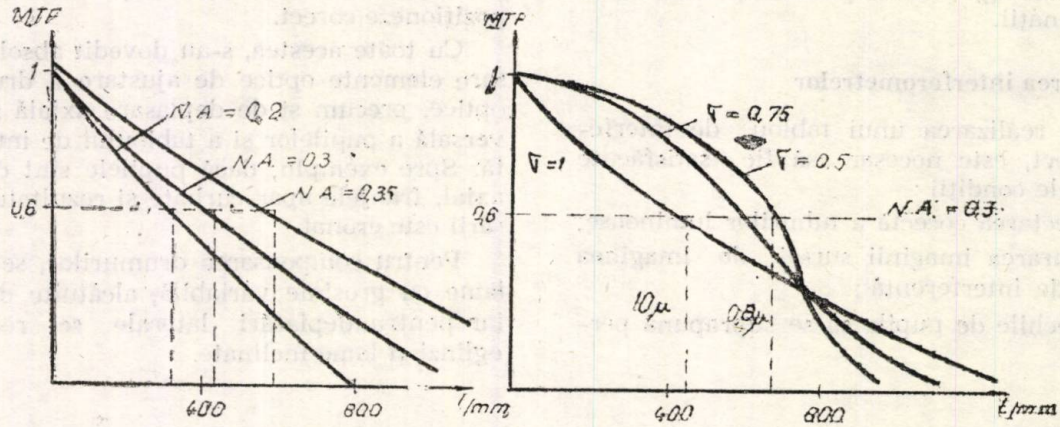


Fig. 2 Curbele MTF ale obiectivului care echipează instalația de microlitografiere.

aliniere, executată pe placheta de siliciu și verificată în procesul microlitografic practicat la sectorul de specialitate din C.C.S.I.T. — C.E.I.C.C.E. București.

Parametrii principali ai sistemului optic care influențează recunoașterea configurațiilor

Particularitatea sistemului optic de microlitografiere este că acesta lucrează simultan cu

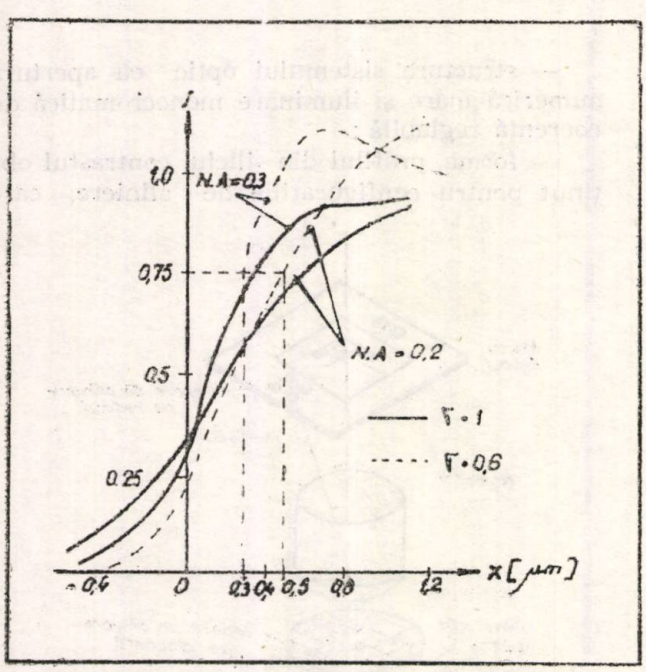


Fig. 3 Distribuția intensității luminoase în imaginea unei margini de configurație pe placheta de siliciu.

două lungimi de undă, 436 μm pentru expunerea prin proiecție și 546 μm pentru iluminarea și recunoașterea configurațiilor de pe siliciu. Componenta principală a acestui sistem optic este obiectivul cu $N.A. = 0{,}30—0{,}40$; parametrii acestuia care influențează recunoașterea configurațiilor de pe siliciu, sînt:

a) — *modulul funcției de transfer optic*; în figura 2 se prezintă curbele MTF ale obiectivului care echipează instalația de microlitografie, pentru mai multe valori ale gradului de coerență, ca și pentru mai multe valori ale aperturii numerice în lumină cu $\lambda = 436$ μm. Din studiul curbelor reiese că pentru obținerea unor detalii pe o plachetă acoperită cu rezist, care cere un factor de contrast de 60%, este de preferat o apertură numerică mare și un grad de coerență $\sigma \cong 0{,}70$.

b) — *gradientul de margine al iluminării reperelor de pe plachetă*; în figura 3 se prezintă profilul (distribuția) intensității luminoase pentru imaginea unei margini de configurație aflată pe placheta de siliciu, precum și modificarea pantei acesteia și a intensității reflectate pe margine la variația parametrilor sistemului optic menționați mai înainte (*N.A.* și σ).

Gradientul marginii imaginii este:

$$S = \frac{\partial I}{\partial X} = f \frac{N.A.}{\lambda}$$

(unde f este factor ce depinde de coerență) sau se mai notează cu ΔX — deplasarea relativă a imaginii marginii configurației între punctele cu iluminare 25% și 75%.

$$\Delta X = \frac{0{,}5}{S} = 0{,}5 f^{-1} \frac{\lambda}{N.A.}$$

Deplasarea marginii imaginii configurației reperului de aliniere este un parametru important, de care trebuie să ținem seama, avînd

în vedere că variațiile poziției marginii configurației (determinate de variația pantei intensității luminoase $\frac{\partial I}{\partial X}$) pot atinge valori de 0,3—0,5 μm. Efectul acestei deplasări devine critic cînd, din motive tehnologice, corodarea configurațiilor pe siliciu produce margini cu pante inegale, față de care semnalul de aliniere nu trece printr-o simetrie dreapta — stînga.

c) — *contrastul configurației*, care este definit prin raportul :

$$\gamma = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}},$$

are o valoare la nivelul plachetei de siliciu și altă valoare în planul imagine, unde intensitățile sînt detectate de sistemul optic. I_{max}/I_{min} sînt intensitățile luminii reflectate de zona ce înconjoară configurația respectiv zona din interiorul acesteia, în tehnica de iluminare folosită, cu cîmp întuneçat (darkfield). Contrastul imaginii depinde evident atît de contrastul configurației, la nivelul plachetei de siliciu, γ, cît și de modul funcției de transfer optic a obiectivului (MTF) care proiectează imaginea configurației într-un plan, de unde un senzor preia semnale electrice proporționale cu I'_{max} și I'_{min}. Față de acestea se pot defini, un contrast la nivelul imaginii γ_i și o modulație a semnalului electric detectat (M), astfel :

$$\gamma_i = \frac{I'_{max} - I'_{min}}{I'_{max} + I'_{min}}; \quad M = \frac{i_{max} - i_{min}}{i_{max} + i_{min}}$$

Parametrii optici prezentați caracterizează imaginea, contrastul și definiția netă pe contur (grandientul), în cazul unei imagini ideale, dar în tehnologia de microelectronică imaginea reală este degradată și de faptul că pe placheta de siliciu, care are configurații de aliniere gravate, se depun straturi de oxizi și straturi de rezist care modifică puternic contrastul configurației. Două fenomene afectează calitatea imaginii : formarea undelor staționare în stratul de rezist și profilul rezistului care acoperă configurația.

Formarea undelor staționare în stratul de rezist se datorează reflexiei luminii la interferența cu o suprafață perfect reflectantă (în tehnologia microelectronică Si ; SiO_2 ; SI_3N_4 ; Al etc.) și a interferenței ce apare între unda incidentă și cea reflectată. Pozițiile ventrelor sau ale nodurilor intensității luminii monocromatice de expunere depind de grosimea rezistului și de indicele de refracție al acestuia. Considerînd unda incidentă :

$$E_1(Z) = E_{1\,max} \sin(\omega t - KZ + \varphi),$$

iar unda reflectată :

$$E_2(Z) = E_{1\,max} \sin[\omega t - K(2d - z) + \varphi + \pi],$$

se obține după interferență o amplitudine în configurația de pe siliciu :

$$E_{1,2}(Z) = 2E_{1\,max} \sin K(d - z) \cos(\omega t - Kd + \varphi),$$

iar intensitatea undei rezultante are valoarea :

$$I = I_1 \sin^2 K(d - z)$$

În tehnica microlitografică, se ține cont și de absorbția luminii în stratul de rezist, ceea ce duce la diferențe mari de intensitate, în planul configurației de pe placheta, atunci cînd grosimea rezistului este un multiplu par/impar de $\lambda/4\,n$. În figura 4, se prezintă profilul in-

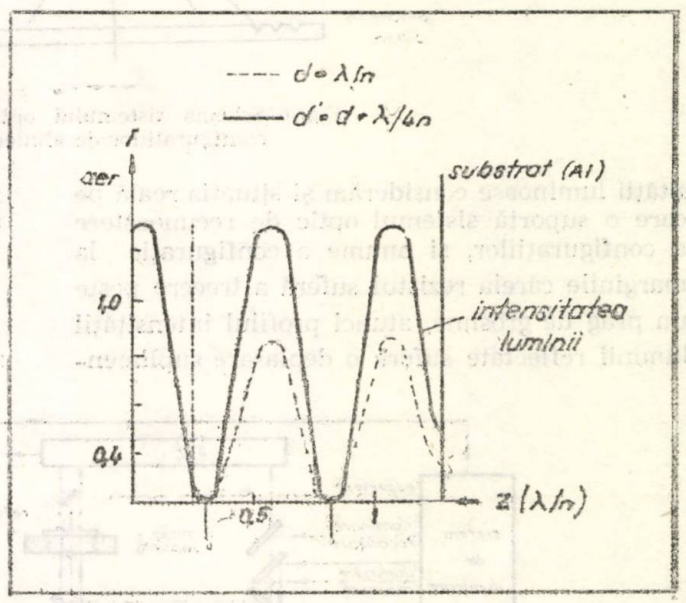


Fig. 4 Profilul intensității luminoase într-o peliculă de fotorezist depus pe placheta de siliciu acoperită cu un strat puternic reflectiv.

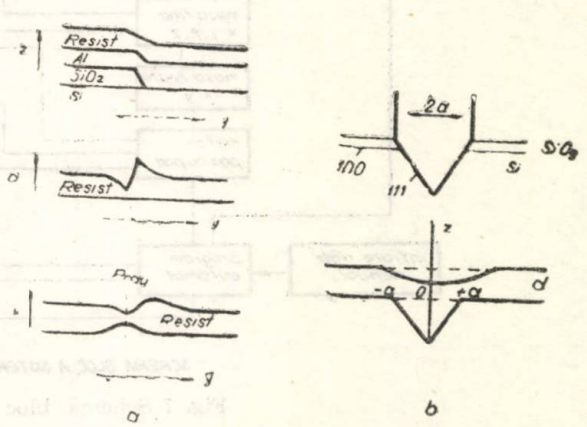


Fig. 5 Deplasarea suplimentară a profilului intensității luminii reflectate, datorită modificării grosimii fotorezistului.

tensității luminoase într-o peliculă de rezist depus pe siliciu acoperit de un strat puternic reflectant (Al). Dacă la efectul variației intensității luminoase considerăm și situația reală pe care o suportă sistemul optic de recunoaștere a configurațiilor, și anume o configurație la marginile căreia rezistul suferă a trecere peste un prag de grosime, atunci profilul intensității luminii reflectate suferă o deplasare suplimentară, datorită modificării grosimii rezistului (fig. 5). În acest fel se pun în evidență efectele tehnologice limitative : undele staționare și profilul rezistului peste o geometrie corodată vertical în placheta de siliciu, efecte pe care sistemul optic trebuie să le preia și să mențină totuși o precize de aliniere de $+ 0{,}25\ \mu m$.

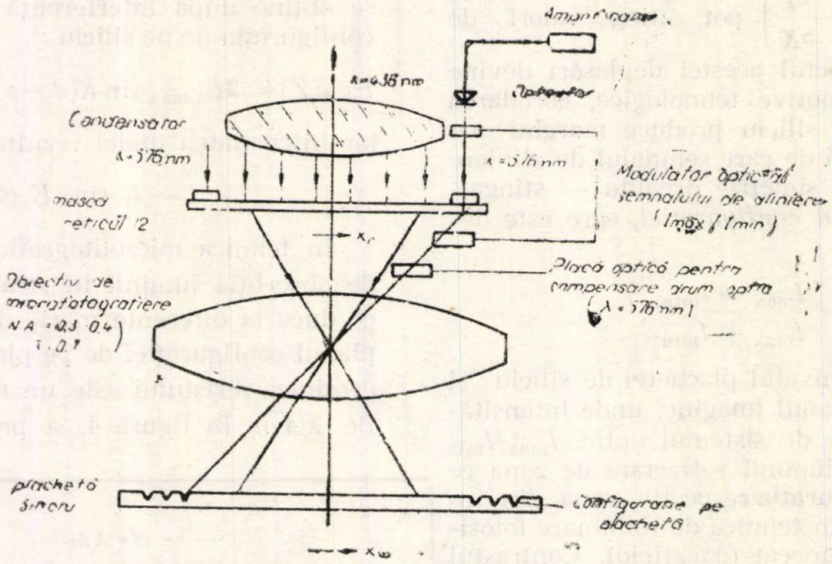
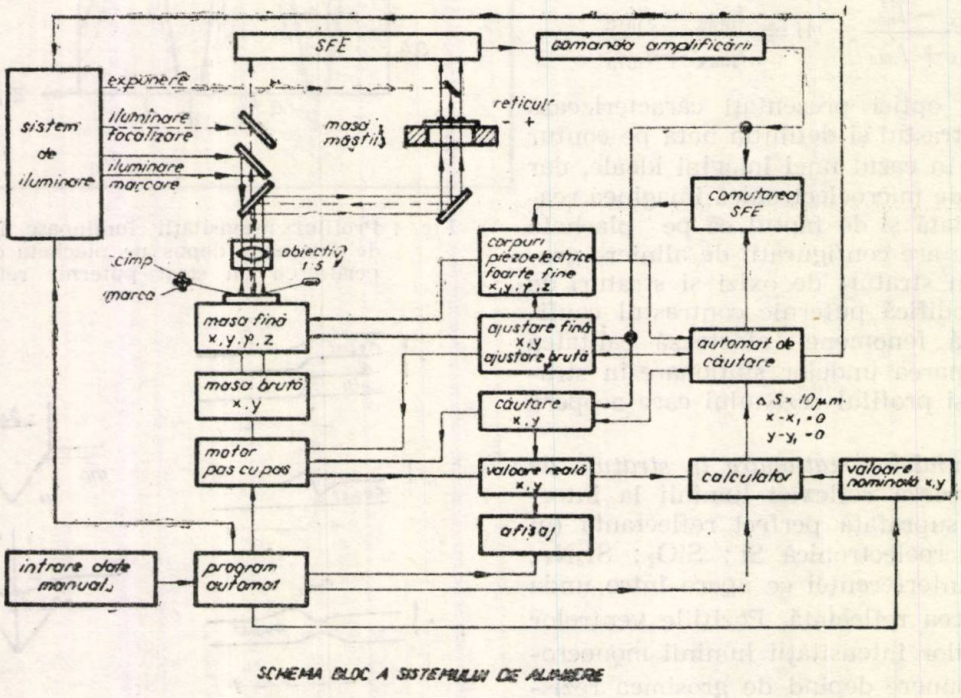


Fig. 6 Schema sistemului optic de recunoaștere a configurațiilor de aliniere.

Recunoașterea configurațiilor

Schema simplificată a sistemului optic de recunoaștere se prezintă în figura 6, iar în figura 7, se prezintă schema logică a procesului de recunoaștere. Principiul de lucru se



SCHEMA BLOC A SISTEMULUI DE ALINIERE

Fig. 7 Schema bloc a sistemului de aliniere.

bazează pe simetria dreapta-stînga a semnalelor luminoase detectate de sistemul optic, iar precizia de aliniere obținută este legată de abaterea poziției axei de simetrie a configurației

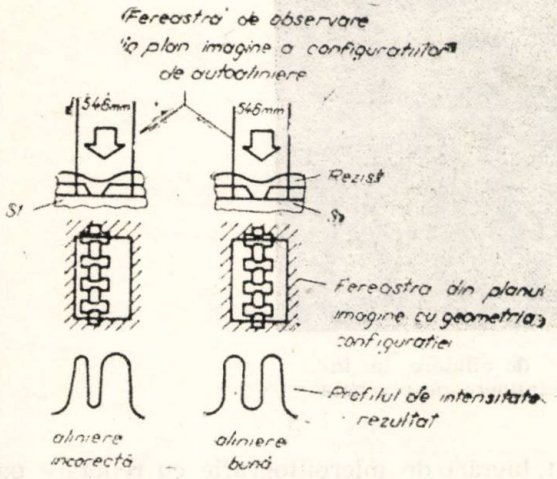


Fig. 8 Influența abaterii de la simetrie a configurației față de fanta de observare asupra profilului intensității semnalului luminos fotodetectat.

de recunoscut, față de axa de simetrie a fantei pe care se proiectează imaginea configurației (fig. 8).

Avînd în vedere efectele limitative care intervin în procesul de recunoaștere al configurațiilor, prin sistemul optic cu *N.A.* și σ alese, s-au executat configurații care să limiteze în primul rînd efectele franjelor de interferență datorate variației grosimii rezistului la marginile configurației și care să aibă un contur foarte bine definit (prin corodare anizotropică în siliciu monocristalin 100). Forma acestora se prezintă în figura 9.

Cu aceste configurații, într-un regim tehnologic optimizat, cu grosime controlată a rezistului în vederea eliminării influenței undelor staționare (de cca 0,8 μm) și prin înțelegerea fenomenelor optice care sînt implicate în recunoașterea configurațiilor, s-au făcut experimentări de procese tehnologice de microlitografie, obținîndu-se alinieri mai bune de $\pm$ 0,20 μm, între 3 straturi succesive crescute pe siliciu. Pe această bază la C.C.S.I.T.—C.E., s-au efec-

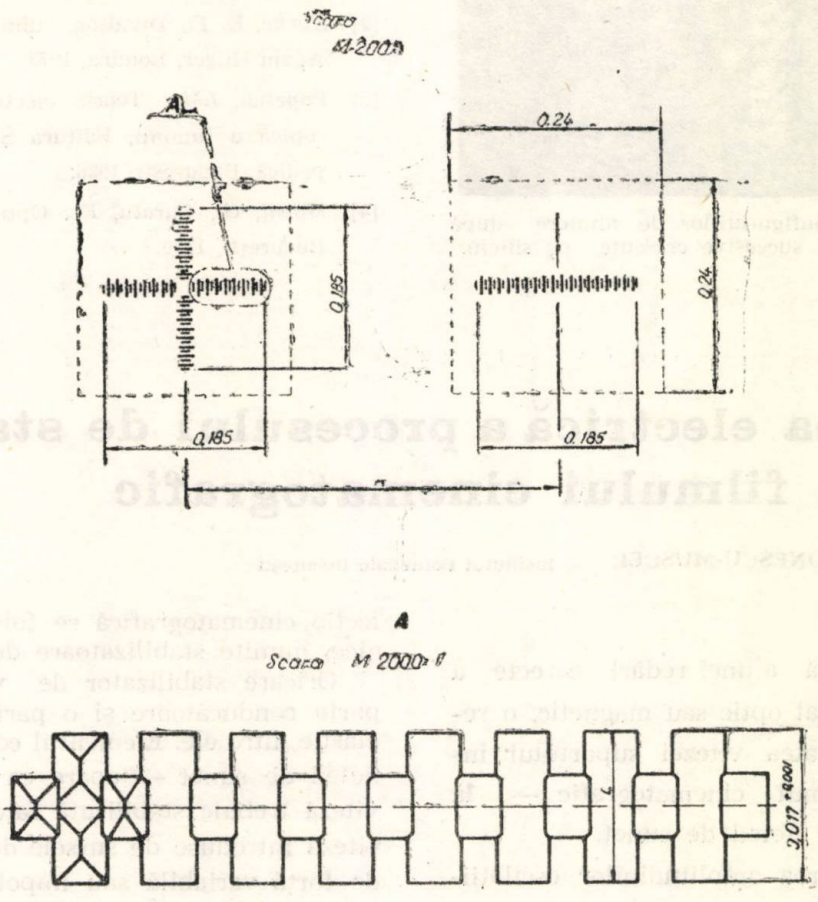


Fig. 9, a Reprezentarea configurațiilor de aliniere.

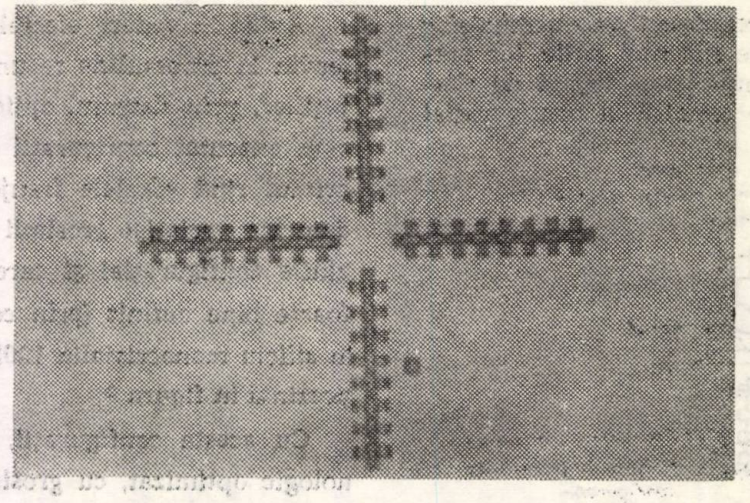
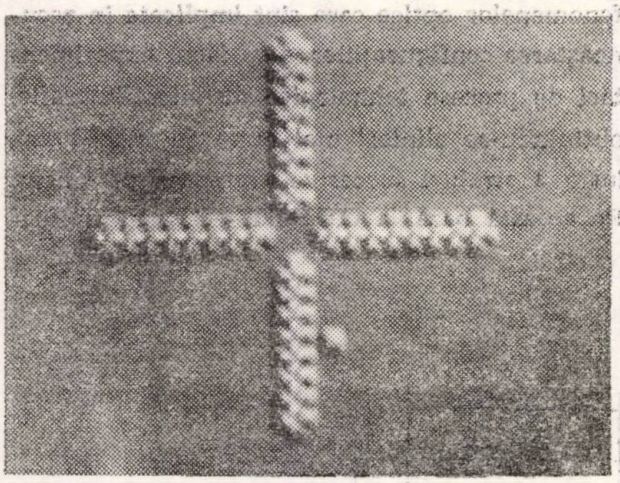


Fig. 9. b) Aspectul configurațiilor de aliniere la începutul procesului de expunere pe plachetă de siliciu.



c) Aspectul configurațiilor de aliniere după opt straturi succesive crescute pe siliciu.

tuat lucrări de microlitografie cu repetare pas cu pas pe siliciu pentru realizarea de circuite integrate LSI.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Born, M., Wolf, E.:* Principles of Optics, Pergamon Press, Oxford, 1970.

[2] *Horne, D. F.,* :Dividing, ruling and mask-making, Adam Hilger, Londra, 1973.

[3] *Popescu, I.M.:* Teoria electromagnetică macroscopică a luminii, Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1986.

[4] *Moisil, G., Curatu, E.:* Optica, Editura Tehnică, București, 1986.

CZ : 681.4

Simularea electrică a procesului de stabilizare a vitezei filmului cinematografic

Șef lucr. ing. Silvia **IONESCU-MUSCEL** — Institutul Politehnic București

Introducere

Condiția de bază a unei redări corecte a sunetului, înregistrat optic sau magnetic, o reprezintă uniformitatea vitezei suportului informațional — filmul cinematografic — la nivelul tamburului neted de sunet.

Pentru micșorarea amplitudinilor oscilațiilor de viteză a filmului, în aparatele de proiecție cinematografică se folosesc filtre mecanice, numite stabilizatoare de viteză.

Oricare stabilizator de viteză conține o parte conducătoare și o parte condusă, legate elastic între ele. Elementul condus — tamburul neted de sunet — apare ca element a cărui viteză trebuie stabilizată față de oscilațiile de viteză introduse de sursele de viteză variabilă, de forță variabilă sau împotriva unor impulsuri de scurtă durată.

În studiul stabilizatoarelor de viteză, pentru determinarea expresiilor coeficientului de protecție η, a impedanței mecanice Z_M și analiza regimului tranzitoriu este comod să se folosească metoda analogiilor electromecanice, bazată pe identitatea descrierii matematice a oscilațiilor în sistemele mecanice și electrice, pînă în prezent utilizîndu-se doar modele liniare.

Rezultatele cercetării experimentale a amortizoarelor folosite în stabilizatoarele de viteză, impun reconsiderarea modelului stabilizatorului de viteză și anume, renunțîndu-se la modelul liniar. Amortizoarele, chiar și cele cu fluid și cu atît mai mult cele cu aer prezintă o caracteristică neliniară a forței de frecare introduse.

Modelarea procesului a fost făcută pentru o frecare uscată de tip coulombian, metoda prezentată în lucrarea de față, putînd fi utilizată la analiza stabilizatoarelor cu orice tip de caracteristică a frecării.

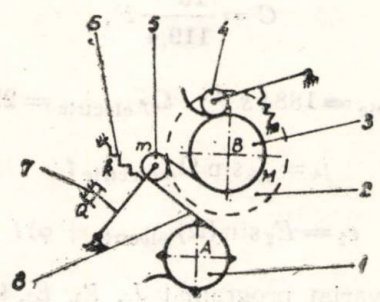


Fig. 1 Stabilizator de viteză cu două elemente.
a) Schema stabilizatorului :
1 — tambur dințat de sunet ; 2 — volant ; 3 — tambur neted de sunet; 4 — rolă de apăsare ; 5 — rolă montată pe pîrghie oscilantă ; 6 — arc ; 7 — amortizor ; 8 — film.

Modelarea electrică a procesului de stabilizare a vitezei

În figura 1, b este prezentat modelul mecanic al unui stabilizator de viteză de tip „cu două elemente (fig. 1, a). Primul element îl reprezintă tamburul neted cu volant, caracte-

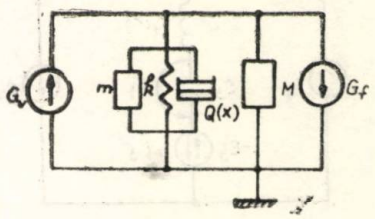


Fig. 1 b) Model mecanic

rizate prin masa M, iar cel de al doilea element, rola montată pe pîrghie oscilantă de care este legat și amortizorul, caracterizat prin : masa m, rigiditatea k și forța de frecare $Q(\dot{x}) = Q \operatorname{sgn} \dot{x}$,

$$Q(\dot{x}) = \begin{cases} +Q \text{ dacă } \dot{x} > 0 \\ -Q \text{ dacă } \dot{x} < 0 \end{cases} \quad (1)$$

Tamburul dințat de sunet apare ca generator de viteză variabilă (G_v), iar lagărele arborelui tamburului neted de sunet — ca generator de forță de frecare variabilă (G_f). Toate mărimile se consideră reduse la linia neutră a filmului, x fiind coordonata deplasării curente.

În figura 2 este prezentat modelul electric echivalent. Mărimile analoage sînt următoarele (tab. 1).

Modelul electric conține un element neliniar, generatorul de tensiune continuă E_3 (i_1), care dă o tensiune $\pm E_3$, în funcție de sensul curentului i_1. Prezența unui element neliniar, face impracticabilă rezolvarea circuitului electric în complex, precum și utilizarea principiului superpoziției.

Tabelul 1

Mărime mecanică	Simbol	Mărime electrică echivalentă	Simbol
Generator de viteză variabilă	G_v	Generator de curent alternativ	j_1
Generator de forță de frecare variabilă	G_f	Generator de tensiune alternativă	e_2
Masa redusă a sistemului oscilant	M	Inductanță	L_2
Masa redusă a pîrghiei oscilante cu rolă	m	Inductanță	L_1
Forță de frecare (amortizare) redusă	$Q(\dot{x})$	Generator de tensiune variabilă	$E_3(i_1)$
Elasticitatea redusă a sistemului oscilant	$\frac{1}{k}$	Capacitate	C_3

Determinarea intensității curentului $i_2 = f(t)$ echivalentă componentei variabile a vitezei filmului la nivelul tamburului neted, s-a făcut prin integrare numerică.

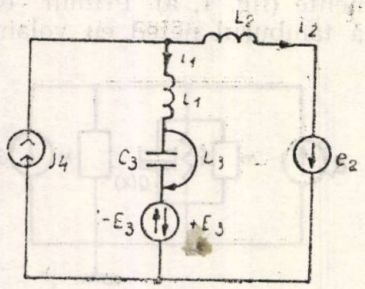


Fig. 2 Model electric.

S-a ales ca sector al variabilelor de stare :

$$Y = \begin{bmatrix} i_2 \\ u_3 \end{bmatrix} \tag{2}$$

Ecuațiile de stare ale circuitelor electrice, în formă canonică sînt :

$$\begin{cases} \dfrac{di_2}{dt} = \dfrac{1}{L_1 + L_2}\left(U_3 + e_2 = E_3 L_1 \dfrac{dj_4}{dt}\right) \\ \dfrac{du_3}{dt} = \dfrac{1}{C_3}(j_4 - i_2), \end{cases} \tag{3}$$

sau matricial :

$$\frac{d}{dt}\begin{bmatrix} i_2 \\ u_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \dfrac{1}{L_1+L_2} \\ -\dfrac{1}{C_3} & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_2 \\ u_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dfrac{1}{L_1+L_2} & \dfrac{-1}{L_1+L_2} & 0 \\ 0 & 0 & \dfrac{1}{C_3} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_2 \\ E_3 \\ j_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dfrac{L_1}{L_1+L_2} \\ 0 \end{bmatrix} \cdot \frac{dj_4}{dt} \tag{4}$$

Echivalarea numerică a mărimilor mecanice în mărimi electrice s-a făcut în ipoteza că impedanțele mecanice, amplitudinile forțelor și vitezelor sînt **numeric** egale cu impedanțele electrice, amplitudinile tensiunilor și respectiv intensităților electrice (analoage lor), iar pulsația electrică este un multiplu de cea mecanică ($\Omega_{electric} = W\Omega_{mecanic}$).

În această situație rezultă:

$$L_3[H] = \frac{M}{W}[Kg]; \quad L_1[H] = \frac{m}{W}[Kg];$$

$$C[F] = \frac{1}{W \cdot k[N/m]}; \quad J_4[A] = v_{Ao}[m/s];$$

$$E_2[V] = F_{vB}[N]; \quad E_3[V] = Q[N]$$

S-a notat cu v_{Ao} amplitudinea componentei variabile a vitezei filmului la nivelul tamburului dințat, iar cu F_{vB}, amplitudinea componentei variabile a forței de frecare din lagăre (redusă la linia neutră a filmului). Pentru $W = 100$, stabilizatorul de viteză analizat (cel al aparatului de proiecție pentru film de 35 mm, „T8", IOR), este caracterizat prin :

$$L_2 = 0{,}2414 \text{ H}; \; L_1 = 0{,}0009 \text{ H};$$

$$C = \frac{10^{-2}}{119{,}4} F;$$

$$\Omega_{A\,electric} = 1884\ s^{-1}; \quad \Omega_{f\,electric} = 2280\ s^{-1};$$

$$j_4 = J_4 \sin \Omega_{A\,electric}\, t;$$

$$e_2 = E_2 \sin (\Omega_{f\,electric} + \varphi)\, t$$

S-au variat programat J_4, E_3, E_2, $\Omega_{A\,electric}$, $\Omega_{f\,electric}$ și φ, pentru a se studia influența generatorilor externi asupra intensității i_2 (echivalentă și egală numeric cu componenta variabilă a vitezei filmului la nivelul tamburului neted, de redare a sunetului).

Semnalul de ieșire (intensitatea i_2), eșantionat corespunzător frecvenței maxime ce poate fi evidențiată, a fost analizat folosind transformata Fourier rapidă (algoritmul Cooley și Tukey). S-a obținut direct, cu ajutorul calculatorului, analitic și grafic, spectrul de frecvență al semnalului de ieșire, simulîndu-se astfel analiza în timp real, pe scară de frecvență liniară (fig. 3).

Subrutina de calcul a transformatei Fourier rapide a funcționat pentru $N = 128$ date ale secvenței temporale. Programul fiind conceput secvențe complexe și secvențele temporale fiind reale, partea imaginară a blocului de date a fost fixată la zero.

Analizele spectrale efectuate pentru diverse combinații de valori ale mărimilor caracteristice surselor perturbatoare permit evidențierea unor concluzii deosebit de interesante pentru

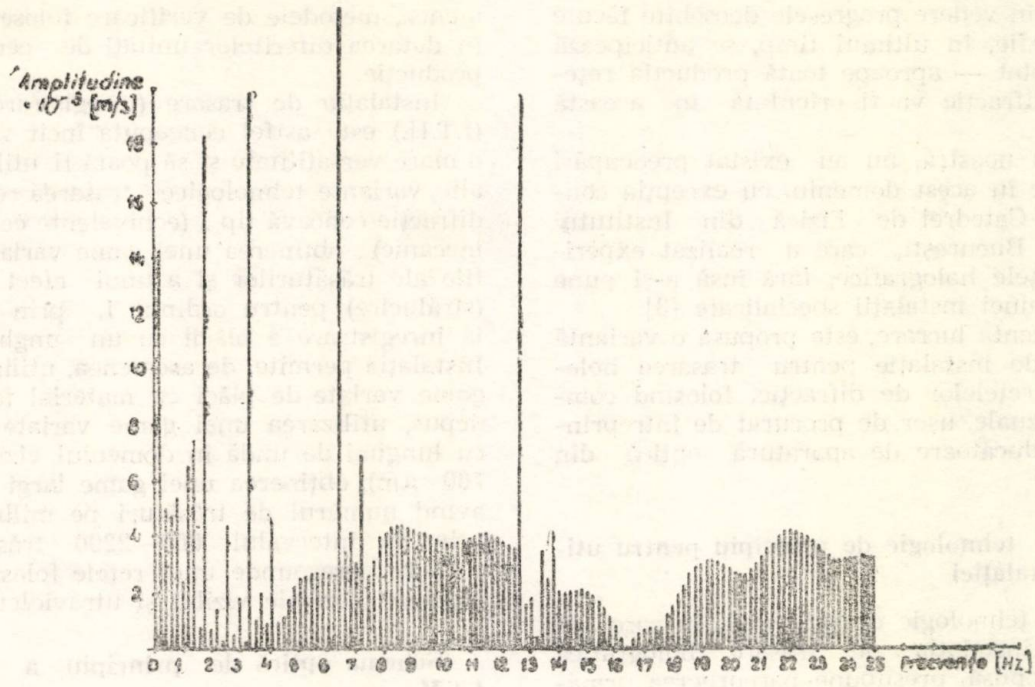


Fig. 3 Spectrul oscilațiilor de viteză la nivelul tamburului neted de sunet pentru :
$v_{Ao} = 0{,}0228$ m.s^{-1} ; $F_{vB} = 0{,}08$ N ; $Q = \pm 0{,}145$ N ;
$\Omega_{A\,mec} = 18{,}84$ s^{-1} ; $\Omega_{f\,mec} = 22{,}80$ s^{-1} ; $\varphi = 0$

studiul comportării sistemelor neliniare în general, și al stabilizatoarelor de viteză în particular.

În cazul stabilizatoarelor de viteză, această analiză trebuie făcută în strînsă dependență cu sensibilitatea urechii umane la perceperea distorsiunilor sunetului, produse de variațiile vitezei filmului, distorsiuni ce se percep diferit, în funcție de frecvența lor.

Analiza spectrală în timp real, a vitezei filmului la nivelul tamburului neted de sunet reprezintă un criteriu obiectiv de apreciere a comportării stabilizatorului de viteză în regim dinamic.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Bendat, J.S., Piersol, A.G.* : Random Data : „Analysis and Measurement Procedures", Wiley Interscience, New-York, 1971.

[2] *Crandall, S.H.* : „Nonlinearites in Structural Dynamics", Shock and Vibration Digest, vol. 6, nr. 8, 1984.

[3] *Gîrlașu, St* : „Prelucrarea în timp real al semnalelor fizice", Editura Scrisul românesc, Craiova, 1978.

[4] x x x : „Memorandum of the Measurement of Frequency Variation in Sound Recording and Reproduction", British Standarde, Inst., 1980.

[5] *Ristow, J.* : „Zur elektrischen Nachbildung mechanischer Systeme für den Filmgleichlauf", Bild und Ton, Nr. 5, 1968.

CZ : 681.4

Calculul și proiectarea unei instalații pentru trasarea holografică a unor rețele plane de difracție

Asist. ing. Gabriel-Arin **MIHALCEA** — Institutul Politehnic București

Prezentare generală

Rețelele de difracție constituie elementul de bază, dispersiv, în proiectarea și construcția monocromatoarelor din aparatura spectrală. La ora actuală, pe plan internațional, se produc două feluri de rețele de difracție, cu utilizare curentă : copii după originale trasate pe mașini speciale, cu control interferometric al deplasării, și rețele holografice obținute direct, prin procedeul cu același nume.

Avînd în vedere progresele deosebite făcute de holografie, în ultimul timp, se anticipează că — treptat — aproape toată producția rețelelor de difracție va fi orientată în această direcție.

În țara noastră, nu au existat preocupări sistematice în acest domeniu, cu excepția contribuțiilor Catedrei de Fizică din Institutul Politehnic București, care a realizat experimental rețele holografice, fără însă a-și pune problema unei instalații specializate [3].

In prezenta lucrare, este propusă o variantă originală de instalație pentru trasarea holografică a rețelelor de difracție, folosind componente uzuale, ușor de procurat de întreprinderile producătoare de aparatură optică din țară.

Fluxul tehnologic de principiu pentru utilizarea instalației

Fluxul tehnologic de principiu, în care se utilizează instalația de trasare holografică (I.T.H.) propusă, presupune parcurgerea următoarelor etape :

a) Pregătirea instalației de trasare holografică pentru expunere.

b) Debitarea plăcii holografice la dimensiunile dorite, în cazul în care se lucrează cu plăci tip LP 2, ORWO — R.D.G.

c) Prelucrarea suportului de sticlă al rețelei pe mașini de prelucrat optic și depunerea prin centrifugare a stratului fotosensibil, în cazul în care se lucrează cu plăci speciale, acoperite cu fotorezist.

d) Expunerea plăcii pregătite în etapele „b" sau „c" pe instalația de trasare holografică.

e) Developarea și fixarea figurii de interferență înregistrate, etapă a cărei structură diferă funcție placa expusă, de tipul menționat la „b", sau de tipul menționat „c".

f) Depunerea în vid a straturilor reflectant și de protecție.

g) Testarea rețelei înregistrate holografic, etapă care cuprinde :

— testarea profilului trăsăturii pe microscop electronic cu baleiaj ;

— testarea eficienței și a numărului de trăsături pe milimetru pe goniometru ;

— testarea frontului de undă pe inerferometru Michaelson modificat ;

— testarea luminii false, a liniilor fantomă și a rezoluției pe monocromator etalon.

Posibilitățile de realizare în țară a rețelelor de difracție pe cale holografică decurg din faptul că elementele componente și etapele de obținere a rețelelor, prezentate anterior, se realizează, încadrate în alte tehnologii, în diferite întreprinderi și institute din țară; de asemenea, metodele de verificare folosesc aparate în dotarea diferitelor unități de cercetare și producție.

Instalația de trasare (înregistrare) propusă (I.T.H.) este astfel concepută încît să prezinte o mare versatilitate și să poată fi utilizată și în alte variante tehnologice : trasarea rețelelor de difracție concavă tip I (echivalente celor trasate mecanic) ; obținerea unei game variate de profile ale trăsăturilor și a unui efect de blaze (strălucire) pentru ordinul I, prin înclinarea la înregistrare a plăcii cu un unghi reglabil. Instalația permite, de asemenea, utilizarea unei game variate de plăci cu material fotosensibil depus, utilizarea unei game variate de laseri cu lungimi de undă în domeniul vizibil (400—760 μm), obținerea unei game largi de rețele, avînd numărul de trăsături pe milimetru cuprins în intervalul 600—2200 trăsături/mm, ceea ce corespunde unei rețele folosite în domeniile spectrale vizibil și utraviolet apropiat,

Schema optică de principiu a instalației I.T.H.

Conform figurii 1, instalația de trasare holografică (I.T.H.) este formată din două subansambluri componente :

a) Expandorul de fascicul, avînd rolul de a mări diametrul fasciculului laser la diametrul util de lucru al fasciculelor incidente, care prin interferență să dea o suprafață utilă a rețelei trasate, de dimensiuni acceptabile. Ca expandor de fascicul se utilizează o lunetă Galilei inversată (L.G.I) ; aceasta este alcătuită din două sisteme optice : sistem optic divergent O_1 numit și obiectiv expandor și sistem optic convergent O_2 numit obiectiv colimator.

b) Sistemul de divizare a fasciculului expandat și înregistrare holografică (S.D.I.), care are rolul de a divide în două fascicule coerente fasciculul expandat, prin intermediul unui divizor de fascicul, pentru ca apoi, cu ajutorul unor oglinzi să ghideze fasciculele coerente pentru a interfera în planul plăcii de înregistrare holografică. Sistemul de divizare a fasciculului expandat și înregistrare holografică este format din următoarele componente :

— oglinzi plane fixe : **Ogf1** și **Ogf2**, pentru orientarea fasciculului și compactizarea schemei ;

— prisma divizoare de fascicul de tip cub divizor : **P.C.D.**;

— oglinzi plane mobile: **Ogm1** și **Ogm2**, cu rolul de a orienta fasciculele care interferă în planul plăcii holografice ; orientarea acestor oglinzi implică numărul de trăsături pe milimetru obținut pentru rețea ; montajul fiind simetric, mișcarea de rotație a oglinzilor cu unghiul $\Delta\varepsilon$ trebuie sincronizată ;

— placa de trasare holografică (P.T.H) are un strat fotosensibil pe care se înregistrează rețeaua ; poziția plăcii trebuie sincronizată cu orientarea oglinzilor mobile, deplasarea de translație a plăcii fiind ΔL.

În figura 1 s-au mai făcut următoarele notații :

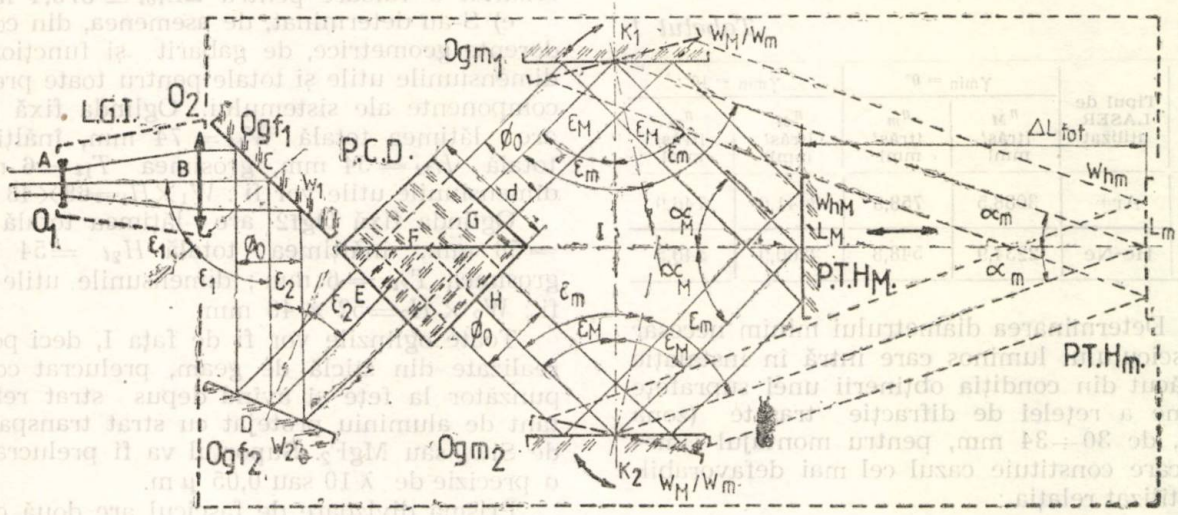


Fig. 1 Schema optică de principiu a instalației de trasare holografcă (I.T.H).

$P.T.H_M$ — poziția cea mai apropiată de prisma divizoare a plăcii de înregistrare holografică, corespunzînd numărului maxim de trăsături pe milimetru ;

$P.T.H_m$ — poziția cea mai depărtată pe prisma divizoare a plăcii de înregistrare holografică, corespunzînd numărului minim de trăsături pe milimetru ;

ε_M ; ε_m — semiunghiurile formate de fasciculele incidente și emergente de pe oglinzile mobile, corespunzătoare pozițiilor $P.T.H_M$, respectiv $P.T.H_m$ ale păcii de înregistrare holografică ;

α_M ; α_m — semiunghiurile formate de fasceculele incidente pe placa de înregistrare holografică, corespunzătoare pozițiilor $P.T.H_M$, respectiv $P.T.H_m$;

W_M; W_m — lățimile utile necesare ale oglinzilor mobile, pentru pozițiile corespunzătoare pozițiilor $P.T.H_M$, respectiv $P.T.H_m$ ale pălcii de înregistrare holografică ;

W_1 ; W_2 — lățimile utile necesare oglinzilor fixe O_{gf1}, respectiv O_{gf2};

L_{tot} — deplasarea totală a plăcii de înregistrare holografică între pozițiile $P.T.H_M$ și $P.T.H_m$;

Φ_0 — diametrul util a fasciculului expandat, care iese din luneta inversată, în același timp diametru util pentru cubul divizor (P.C.D.) ;

d — latura cubului divizor ;

ε_1; ε_2 — unghiurile de incidență și reflexie pe oglinzile O_{gf1} și O_{gf2}.

Instalația de trasare holografică prezentată este de tip simetric, adică normala la suprafața rețelei este în permanență bisectoarea unghiului format de cele două fascicule care se interferează pe placa de înregistrare a rețelei.

Proiectarea sistemului de divizare a fasciculului expandat și înregistrarea holografică

Dimensionarea elementelor componente al acestui subansamblu s-a făcut din considerente geometrice, avînd în vedere că fasciculul de lumină preluat de la luneta Galilei inversată are o divergență foarte mică, de ordinul secundelor, putînd fi socotit practic de diametru constant. Calculul de dimensionare a cuprins următoarele etape :

a) Determinarea domeniului de lucru și a gamei de rețele trasate cu ajutorul I.T.H. Se pornește de la relația [1, 2] :

$$n\,[\text{trăsături/mm}] = \frac{10^3}{a\,[\mu\text{m}]} = \frac{2 \cdot \sin\alpha \cdot \cos\gamma}{\lambda\,[\mu\text{m}]} \cdot 10^3, \quad (1)$$

unde :

a — pasul rețelei obținute;

λ — lungimea de undă a radiației laser de înregistrare ;

γ — unghiul dintre bisectoarea unghiului fasciculelor care interferă pe placa holografică și normala la suprafața plăcii.

Dacă montajul este simetric $\gamma = 0°$. Dacă se dorește un ușor efect de strălucire în ordinul I de difracție se poate înclina cu un unghi placa holografică. Instalația permite un unghi reglabil $\gamma = \pm 10°$.

Din considerente de gabarit și de montaj, s-a admis max $\alpha = \alpha_M$ $\alpha_M = 45°$. Impunînd obținerea în montaj simetric a unui număr de trăsături pe milimetru în jurul lui 600, s-a obținut min $\alpha = \alpha_m = 10{,}94°$; s-a admis $\alpha_m = 10°$.

Pentru lungimea de undă s-au considerat două cazuri : pentru laserul cu Ar^+, $\lambda = 457{,}9\ \mu m$ și pentru laserul cu He—Ne, $\lambda = 632{,}8\ \mu m$.

Limitele precum și gamele de rețele trasate sînt prezentate în tabelul 1. Trebuie făcută însă observația că, în cazul utilizării plăcilor holografice tip LP 2, nu se poate lucra decît cu maximum 2000 trăsături/mm, din cauza granulației emulsiei fotosensibile.

Gama rețelelor trasate utilizînd două tipuri de laser

Tabelul 1

Nr. crt.	Tipul de LASER utilizat	$\gamma_{min} = 0°$		$\gamma_{min} = 10°$	
		n_M [trăs/mm]	n_m [trăs/mm]	n_M [trăs/mm]	n_m [trăs/mm]
1	Ar+	3088,5	758,5	3041,6	746,9
2	He-Ne	2234,9	548,3	2200,9	540,5

b) Determinarea diametrului minim necesar al fasciculului luminos care intră în instalație s-a făcut din condiția obținerii unei suprafețe minime a rețelei de difracție trasate (zona utilă), de 30÷34 mm, pentru montajul simetric, care constituie cazul cel mai defavorabil. S-a utilizat relația :

$$\Phi_D = \frac{W_h}{\cos\gamma} \qquad (2)$$

în care :

Φ_D — diametrul fasciculelor incidente în planul rețelei ;

W_h — lățimea necesară a rețelei de difracție trasată.

S-a determinat diametrul minim necesar de 48 mm pentru geometria aleasă a instalației.

c) Unghiurile de incidență și reflexie pe oglinzile plane fixe s-au determinat geometric : pentru oglinda **Ogf1**, $\varepsilon_1 = 45°$; gentru oglinda **Ogf2**, $\varepsilon_2 = 22°5° = 22°30'$.

Tot din considerente geometrice s-au determinat și unghiurile de incidență și reflexie pe oglinzile mobile, identice **Ogm1** și **Ogm2**; pentru poziția $P.T.H_M$ a plăcii holografice $\varepsilon_M = 45°$, iar pentru poziția $P.T.H_m$ a plăcii holografice $\varepsilon_m = 62,5° = 62°30'$.

Rezultă imediat unghiul de rotație al celor două oglinzi mobile :

$$\Delta\varepsilon_{tot} = \varepsilon_m - \varepsilon_M = 17,5° = 17°30'$$

d) Determinarea relației dintre unghiul de rotație al oglinzilor și deplasarea plăcii de înregistrare a rețelei s-a făcut tot din considerente geometrice și a rezultat :

$$\Delta L_x = \frac{2b \cdot \mathrm{tg}(2 \cdot \Delta\varepsilon_x)}{1 - \mathrm{tg}(2\Delta\varepsilon_x)} \qquad (3)$$

în care :

b — s-a considerat segmentul $IK_2 = IK_2 = IF = IL_M = b$, conform figurii 1 ;

ΔL_x — deplasarea curentă a plăcii port rețea;

$\Delta\varepsilon_x$ — unghiul de rotație curentă al oglinzilor mobile.

Deplasarea totală a plăcii port rețea din poziția $P.T.H_m$ în poziția $P.T.H_M$ se determină pentru $\Delta\varepsilon_x = \Delta\varepsilon_{tot}$.

Considerîndu-se constructiv $b = 81$ mm a rezultat o valoare pentru $\Delta L_{tot} \cong 378,4$ mm.

e) S-au determinat, de asemenea, din considerente geometrice, de gabarit și funcționare dimensiunile utile și totale pentru toate presele componente ale sistemului. Oglinda fixă **Ogf1** are : lățimea totală $W_{1t} = 74$ mm, înălțimea totală $H_{1t} = 54$ mm, grosimea $T_{1t} = 6$ mm ; dimensiunile utile vor fi : $W_1 \times H_1 = 68 \times 48$ mm.

Oglinda fixă Ogf2 are : lățimea totală $W_{2t} = 58$ mm, înălțimea totală $H_{2t} = 54$ mm, grosimea $T_{2t} = 6$ mm ; dimensunile utile vor fi : $W_2 \times H_2 = 52 \times 48$ mm.

Toate oglinzile vor fi de fața I, deci pot fi realizate din sticlă de geam, prelucrat corespunzător la fețe și avînd depus strat reflectant de aluminiu protejat cu strat transparent de SiO_2 sau MgF_2. Suportul va fi prelucrat la o precizie de $\lambda/10$ sau 0,05 μm.

Prisma divizoare de fascicul are două componente, cu baza un triunghi isoscel, confecționat din sticlă optică tip BK 7, avînd $n_d = 1,51633$ și $\nu_d = 64,10$. Componentele sînt separate de o suprafață semiargintată care împarte fluxul luminos incident în două fascicule de intensități egale. Dimensiunile de gabarit ale cubului sînt date de latura sa $d = 54$ mm ; porțiunea utilă are diametrul $\Phi_d = 48$ mm. Grosimea lamei plan paralele echivalente este egală cu $d = 54$ mm. Deoarece lucrează în lumină monocromatică (laser) prisma nu introduce aberații de sfericitate și cromatism.

Placa port rețea are dimensiunile de gabarit maxime : lățimea $W_{ht} = W_h + 6$ mm sau, se mai poate scrie :

$$W_{ht} = \frac{\Phi_D \cdot \cos\gamma}{\cos\alpha} + 6 \text{ mm, în care}$$

$$W_h = \frac{\Phi_D \cdot \cos\gamma}{\cos\alpha} \qquad (4)$$

este lățimea rezultantă prin trasarea holografică specifică; înlățimea $H_{ht} = 54$ mm ; grosimea depinde dacă este placa confecționată și atunci se poate alege de exemplu $T_{ht} = 10$ mm, sau dacă provine din placă holografică LP 2 și în acest caz $T_{ht} = 1,2$ mm.

Alte elemente alese constructiv în construcția schemei optime a subansamblului : $BC = 40$ mm ; $CD = 99$ mm și $DE = 70$ mm.

Proiectarea sistemului expandor, lunetă Galilei inversată

Ca expandor de fascicul este folosită o lunetă Galilei inversată, pentru a realiza lățimea corespunzătoare a rețelei de difracție trasate.

Elementele cunoscute şi cele alese constructiv în proiectare sînt următoarele :

— diametrul fasciculului util obţinut la ieşirea expandorului : $\Phi_D = 48$ mm ;

— diametrul fasciculului laser utilizat, în general : $\Phi_D = 1 \div 2$ mm ;

— unghiul de divergenţă al fasciculului laser: $\alpha_{div} = 1 \div 5$;

— focala obiectivului expandor O_1 ; $f'_{01} = -10$ mm ;

— focala obiectivului colimator O_2 : $f'_{02} = +270$ mm.

Calculele efectuate au cuprins : calculele de dimensionare, de gabarit, drumuiri paraxiale de corectanţă şi drumuiri trigonometrice de verificare. Calculele s-au făcut conform indicaţiilor şi metodelor date în [4, 5].

Caracteristicile sistemelor optice componente ale L.G.I.

Tabelul 2

Nr. crt.	Denumirea sistemului optic	Focala [mm]	Puterea [dptr]	Dist. între comp. [mm]	Diam. [mm]	Comp. [—]
1	Obiectiv expandor O_1	—10	-100	$d_8 = 15{,}832$	—	$O_{11}+O_{12}$
2	Dublet divergent O_{11}	—36	-27,78	—	8	L_2+L_4
3	Menisc divergent O_{12}	—20	-50	—	12	—
4	Obiectiv colimator O_2	+270	+3,7	—	52	$L_{14}+L_{18}$

Caracteristicile principale ale elementelor componente ale obiectivelor O_1 şi O_2 sînt prezentate în tabelul 2 şi în tabelul 3. Forma şi elementele geometrice caracteristice pentru obiectivul O_1 sînt prezentate în figura 2 iar pentru obiectivul O_2 — în figura 3.

Se menţionează că obiectivul expandor O_1 este format din :

— dubletul divergent O_{11} alcătuit din lentila divergentă L_2 şi lentila convergentă L_6 ;

— meniscul divergent O_{12} alcătuit dintr-o singură lentilă L_{10}.

În acelaşi sens se arată că obiectivul colimator O_2 este format dintr-un dublet alcătuit din lentila convergentă L_{14} şi lentila divergentă L_{18}.

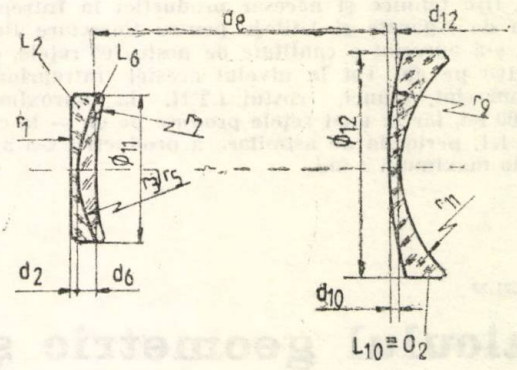


Fig. 2 Schema optică cu componentele obiectivului expandor, O_1.

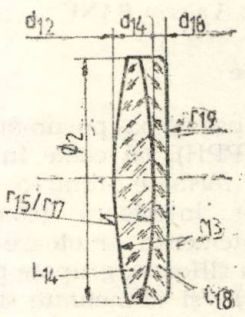


Fig. 3 Schema optică cu componentele obiectivului colimator, O_2.

Distanţa (notată in fig. 2, respectiv fig. 3) cu d_{12}, între cele două obiective este de : 256,85 mm.

Caracteristicile materialelor utilizate sînt :

BK 7 : $n_d = 1{,}51633$; $\nu_d = 64{,}10$;

F 3 : $n_d = 1{,}61293$; $\nu_d = 36{,}95$.

Caracteristicile lentilelor dtn componenţa L.G.I. .

Tabelul 3

Nr. crt.	Lentila	Focala [mm]	Puterea [dptr]	Raze de curbură [mm]		Grosime centru [mm]	Diam. [mm]	Mater.
				anterioară	posterioară			
1	Divergentă L_2	—15,25	—65,58	$r_1 = \infty$	$r_3 = +7{,}783$	$d_2 = 0{,}340$	8	BK7
2	Convergentă L_6	+25,42	+39,34	$r_5 = +7{,}873$	$r_7 = +15{,}196$	$d_6 = 0{,}933$	8	F3
3	Divergentă O_{12}	—20,00	—50,00	$r_9 = +26{,}849$	$r_{11} = +7{,}414$	$d_{10} = 0{,}460$	12	BK7
4	Convergentă L_{14}	+116,00	+8,62	$r_{13} = +115{,}289$	$r_{15} = -121{,}599$	$d_{14} = 8{,}324$	52	BK7
5	Divergentă L_{18}	—198,39	—5,04	$r_{17} = +121{,}599$	$r_{19} = \infty$	$d_{18} = 2{,}920$	52	F3

Observații asupra rentabilității asimilării instalației

Într-un studiu efectuat de autor în anul 1983, se aprecia necesitatea asimilării în țară a producției de rețele de difracție, în condițiile eliminării importului de completare în acest domeniu. Din necesarul de aparate spectrale provenit din studii tehnico-economice, fișe tehnice și necesar producției la Intreprinderea de Aparate și Utilaje pentru Cercetare București, s-a apreciat o cantitate de peste 700 rețele, cam cîte 100 pe an. Tot la nivelul acestei întreprinderi, s-a apreciat, atunci, costul I.T.H. la aproximativ 700.000 lei, iar al unei rețele produse pe ea — la circa 2.500 lei; perioada de asimilare a producției s-a apreciat la maximum 3 ani.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Schmal, G., Rudolph, D.:* Holografic diffraction-gratings, Progress in optics, E. Wolf, editor, vol. XIV, 1976, Londra.

[2] *Mome, D.F.:* Dividing, ruling and mask-making, Adam Hilger, 1975, Londra.

[3] x x x: Catedra Fizică, I.P.B., — Contract I.P.B. Catedra Fizică — I.F.T.A.R. Laborator Laseri, Studiu asupra posibilităților de realizare a rețelelor de difracție obținute pe cale holografică, 1982, București.

[4] *Dodoc, P.:* Teoria și construcția sistemelor optice, 1983. Editura Tehnică, București.

[5] *Dodoc, P.:* Calculul și construcția aparatelor optice, 1984, Editura Tehnică București.

CZ : 621.22

Calculul geometric și cinematic al motoarelor pneumatice pas cu pas cu dispunere radială

Șef lucr. dr. ing. Valeriu BANU — Institutul Politehnic București

Introducere

Motoarele pas cu pas pneumatice (MPPP) sau hidraulice (MPPH), cu came în dispunere radială [1], sînt formate dintr-o roată dințată exterioară sau interioară (cama multiplă) și mai multe elemente motoare cu pistoane membrane sau silfoane, grupate pe faze (circuite de alimentare) și alimentate succesiv cu impulsuri de presiune. Tijele elementelor motoare sînt dispuse decalat față de dinții camei, astfel încît prin alegerea corespunzătoare a succesiunii impulsurilor de presiune se realizează rotația sacadată (în pași), într-un sens sau în celălalt. Partea mobilă — rotorul — poate fi cama sau blocul elementelor motoare, ambele variante fiind utilizate practic.

Dispunerea radială, a tijelor palpatoare mărește gabaritul pe această direcție, dar în același timp prezintă cîteva avantaje importante :

— profilul camei se execută mai ușor și mai precis ;

— în locul tijelor cu frecare de alunecare se pot utiliza corpuri de rostogolire (role cilindrice), obținîndu-se astfel o creștere considerabilă a durabilității ;

— lagărele rotorului nu sînt solicitate, deoarece componentele axiale sînt nule, iar cele radiale se anulează reciproc.

Calculul geometric și cinematic al acestor motoare constă în stabilirea relațiilor între parametrii de bază, în vederea alegerii valorilor optime din punct de vedere constructiv și funcțional, precum și în determinarea profilului camei și curselor elementelor motoare.

Stabilirea valorilor optime pentru parametrii de bază

Parametrii constructiv-funcționali de bază sînt :

— numărul de pași pe rotație N_p, respectiv pasul unghiular $\varphi_p = 360^0/N_p$;

— numărul de dinți ai camei z, respectiv unghiul de divizare $\varphi_z = 360^0/z$;

— numărul de elemente motoare n_s, respectiv unghiul de dispunere $\varphi_s = 360^0/n_s$;

— numărul de faze f.

Relațiile între acești parametri, stabilite pe baza schemelor din figura 1, sînt următoarele:

$$\varphi_p = \frac{360^\circ}{fz} = \frac{\varphi_z}{f}\,; \quad N_p = f \cdot z \tag{1}$$

$$\varphi_{s\,min} = \frac{360^\circ}{z} \cdot \frac{f \pm 1}{f} = \varphi_z \frac{f \pm 1}{f} = \varphi_p (f \pm 1) \tag{2}$$

$$n_{s\,max} = z \frac{f}{f \pm 1} \tag{3}$$

În relațiile (2) și (3) semnul (—) corespunde montajului A, cînd sensul de succesiune a fazelor alimentate coincide cu sensul de rotație a blocului motor, iar semnul (+) montajului B, cînd cele două sensuri sînt diferite.

Numărul de faze f este un parametru foarte important care determină în mod hotărîtor construcția și funcționarea MPP, precum și complexitatea sistemului de comandă. Pentru motoarele reversibile $f \geq 3$, practic însă numă-

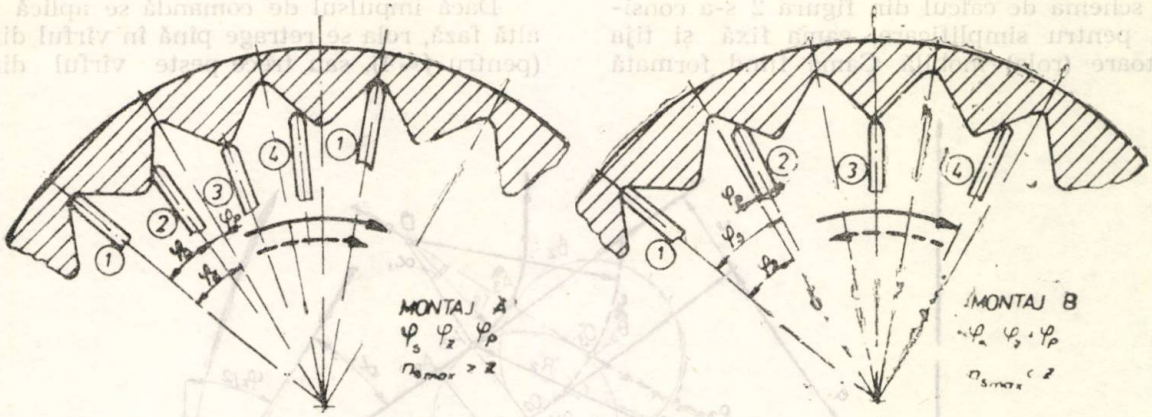


Fig. 1 Modalităţi de dispunere a tijelor palpatoare în raport cu dinţii camei.

rul de faze nu se alege mai mare de patru, deoarece s-ar complica inutil sistemul de comandă şi construcţia motorului.

Numărul de elemente motoare trebuie să fie un multiplu al numărului de faze ($n_s = kf$; $k = 1; 2; 3; \ldots$). Pentru a obţine un cuplu specific cît mai mare, se recomandă ca n_s să fie cît mai mic ($k = 1, 2, 3$), cu menţiunea că pentru $n_s = f$ componentele radiale ale forţelor motoare vor fi preluate de lagăre.

Totodată, din relaţia (3) rezultă că **numărul de dinţi** trebuie să fie de forma $z = k\ (f \pm 1)$.

Schemele dn figura 1 au numai valoare teoretică, deoarece o densitate atît de mare de elemente motoare nu este practic posibilă. Se poate însă reduce succesiv numărul de elemente motoare, fără a afecta simetria construcţiei, dacă $n_{s\max}$ este un multiplu de $(f+1)$ sau $(f-1)$.

Avîndu-se în vedere aceste consideraţii, pentru motoarele trifazate ($f=3$) se recomandă următoarele valori :

$$n_s = 3; 6,\ z = 2.2^n \text{ şi } \varphi_p = 60^0/2^n$$

sau

$$n_s = 9;\ z = 3.2^n \text{ şi } \varphi_p = 40^0/2^n\ (n = 1; 2; 3\ldots).$$

La **motoarele cu patru faze** ($f=4$), numerele de dinţi utilizabile sînt de forma $z_A = 3k$, pentru montajul A, şi $z_B = 5k$, ($k = 1; 2; 3; \ldots$) pentru montajul B (tabelul 1).

Se observă că, pentru montajul A majoritatea valorilor φ_p (subliniate în tabel) sînt identice cu cele obţinute pentru $f=3$, în timp ce la montajul B se obţin valori diferite. În plus, montajul B realizează valori avantajoase pentru N_p (20, 40, 100, 200, 400), dacă se transformă mişcarea de rotaţie într-una de translaţie printr-un mecanism şurub-piuliţă.

Determinarea profilului camei şi cursei elementelor motoare

Profilul camei poate fi în principiu de orice tip : liniar, parabolic, cosinusoidal etc. S-a adoptat un profil cît mai simplu, format din segmente de dreaptă (pentru flancuri) racordate prin arce de cerc, avînd razele r_1 şi r_2 (fig. 2). Acest profil este satisfăcător din punct de vedere funcţional şi se obţine relativ uşor şi precis.

Tabelul 1

	k	1	2	3	4	5	6	8	9	10	12	15	16	18	20
A	$z_A = 3k$	3	6	9	12	15	18	24	27	30	36	45	48	54	60
	$\varphi_p = 60^0/z_A$	30^0	15^0	10^0	$7{,}5^0$	6^0	5^0	$3{,}75^0$	$3{,}33^0$	3^0	$2{,}5^0$	2^0	$1{,}875^0$	$1{,}66^0$	$1{,}5^0$
	N_p	12	24	36	48	60	72	96	108	120	144	180	192	216	240
B	$z_B = 5k$	5	10	15	20	25	30	40	45	50	60	75	80	90	100
	$\varphi_p = 90^0/z_B$	18^0	9^0	6^0	$4{,}5^0$	$3{,}6^0$	3^0	$2{,}25^0$	2^0	$1{,}8^0$	$1{,}5^0$	$1{,}2^0$	$1{,}125^0$	1^0	$0{,}9^0$
	N_p	20	40	60	80	100	120	160	180	200	240	300	320	360	400
	$n_{s\max}$	4	8	12	16	20	24	32	36	40	48	60	64	72	80
	Alte valori n_s			4		4	8		12 4	8	16	20 12 4		24 8	16

În schema de calcul din figura 2 s-a considerat, pentru simplificare, cama fixă și tija palpatoare (rola) mobilă. Cama fiind formată din 2z porțiuni identice, este suficient să se studieze mișcarea pe un interval $\varphi_{z/2}$. Pe acest interval profilul camei este determinat prin punctele caracteristice A_0, A_1, A_2, A_3, de coordonate polare (R, ψ), ar traiectoria centrului rolei prin punctele corespunzătoare 0_0, 0_1, 0_2, 0_3, de coordonate (ρ, φ).

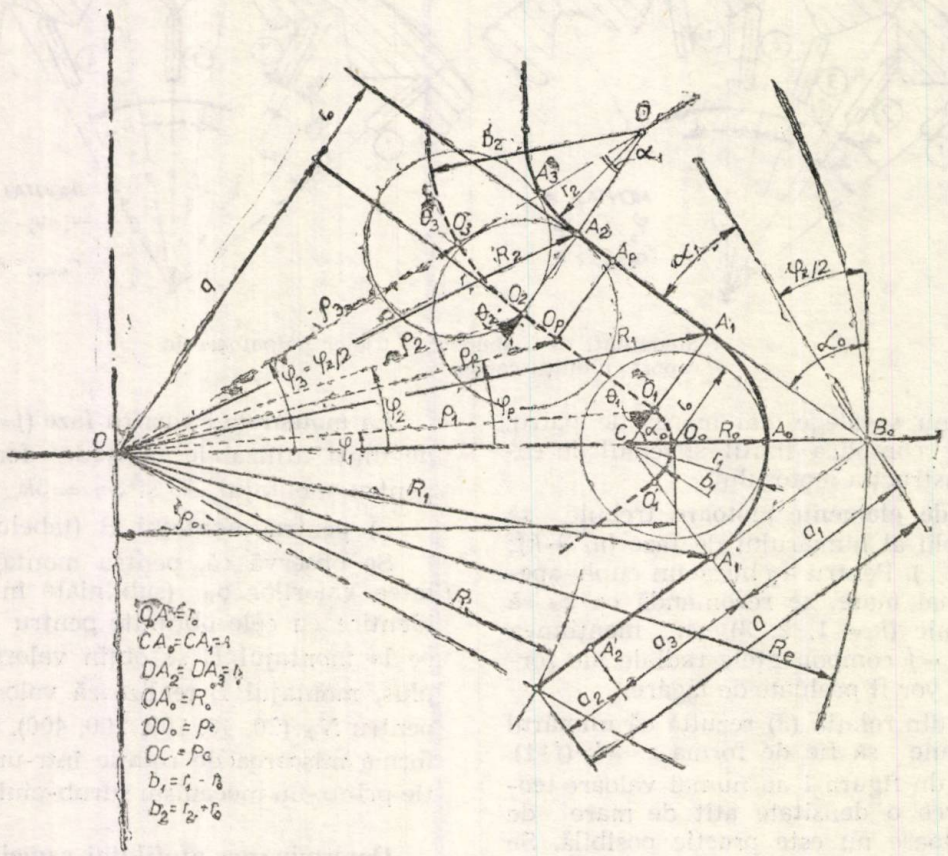


Fig. 2 Schema pentru calculul geometric și cinematic.

Ecuațiile profilului camei și traiectoriei centrului rolei, pe intervale, sînt prezentate în tabelul 2 și respectiv tabelul 3.

Considerîndu-se rola în poziția inițială cu centru în $O_p(\rho_p, \varphi_p)$, la aplicarea unui impuls de comandă pe faza respectivă, aceasta va efectua pe direcția radială o **cursă activă**, pînă în poziția de echilibru stabil $O_0(\rho_0, \varphi_0)$

$$s_a = s_{p,1} + s_{1,0} = \rho_0 - \rho_p = \rho_0 - \frac{q}{\cos(\varphi_p - \alpha_0)} \tag{4}$$

unde :

$$s_{p,1} = \rho_1 - \rho_p$$

$$s_{1,0} = \rho_0 - \rho_1 \tag{5}$$

Dacă impulsul de comandă se aplică pe o altă fază, rola se retrage pînă în vîrful dintelui (pentru $f=4$), sau trece peste vîrful dintelui într-o poziție simetrică (pentru $f=3$), efectuînd o **cursă pasivă** de retragere

$$s_r = s_{p,2} + s_{2,3} = \rho_p - \rho_3 = \frac{q}{\cos(\varphi_p - \alpha_0)} - \rho_3 \tag{6}$$

unde :

$$s_{p,2} = \rho_p - \rho_2$$

$$s_{2,3} = \rho_2 - \rho_3 \tag{7}$$

Deplasarea totală pe direcție radială a rolei, respectiv a tijei elementului motor este :

$$s_t = s_a + s_p = \rho_0 - \rho_3$$

Valoarea maximă pentru raza rolei $r_{0\max}$ se determină din condiția ca punctul inițial de contact A_p să nu depășească porțiunea dreaptă a profilului delimitată de punctul A_2 și se calculează cu relația :

$$r_{0\max} = B_0(R_i \cos\alpha_1 + r_2) - r_2, \tag{8}$$

Tabelul 2

Ecuațiile profilului camei $R=R(\psi)$

Intervalul	Relațiile de calcul
$A_0A_1\begin{cases}0 \leqslant \psi \leqslant \psi_1\\ R_0 \geqslant R \geqslant R_1\end{cases}$ $R_1 = \sqrt{\rho_c^2 + r_1^2 + 2\rho_c r_1 \cos\alpha_0}$ $\psi_1 = \arcsin\left(\frac{r_1 \sin\alpha_0}{R_1}\right)$	$R_{0,1} = \rho_c \cos\psi + \sqrt{r_1^2 - \rho_c^2 \sin^2\psi}$
$A_1A_2\begin{cases}\psi_1 < \psi \leqslant \psi_2\\ R_1 > R \geqslant R_2\end{cases}$ $R_2 = \sqrt{\rho_D^2 + r_2^2 - 2\rho_D r_2 \cos\alpha_1}$ $\psi_2 = \frac{\varphi_z}{2} - \arcsin\left(\frac{r_2 \sin\alpha_1}{R_2}\right)$	$R_{1,2} = \frac{q + r_0}{\cos(\psi - \alpha_0)}$
$A_2A_3\begin{cases}\psi_2 < \psi \leqslant \varphi_{z/2}\\ R_2 > R \geqslant R_3\end{cases}$ $R_3 = \rho_D - r_2$	$R_{2,3} = \rho_D \cos\left(\frac{\varphi_z}{2} - \psi\right) -$ $- \sqrt{r_2^2 - \rho_D^2 \sin^2(\varphi_{z/2} - \psi)}$

Tabelul 3

Ecuațiile traiectoriei centrului rolei $\rho = \rho(\varphi)$

Intervalul	Relațiile de calcul
$O_0O_1\begin{cases}0 \leqslant \varphi \leqslant \varphi_1\\ \rho_0 \geqslant \rho \geqslant \rho_1\end{cases}$ $\rho_1 = \sqrt{\rho_c^2 + b_1^2 + 2b_1\rho_c \cos\alpha_0}$ $\varphi_1 = \arcsin\left(\frac{b_1 \sin\alpha_0}{\rho_1}\right)$	$\rho_{0,1} = \rho_c \cos\varphi + \sqrt{b_1^2 - \rho_c^2 \sin^2\varphi}$
$O_1O_2\begin{cases}\varphi_1 < \varphi \leqslant \varphi_2\\ \rho_1 > \rho \geqslant \rho_2\end{cases}$ $\rho_2 = \sqrt{\rho_D^2 + b_2^2 - 2b_2\rho_D \cos\alpha_1}$ $\varphi_2 = \frac{\varphi_z}{2} - \arcsin\left(\frac{b_2 \sin\alpha_1}{\rho_2}\right)$	$\rho_{1,2} = \frac{q}{\cos(\varphi - \alpha_0)}$
$O_2O_3\begin{cases}\varphi_2 < \varphi \leqslant \varphi_{z/2}\\ \rho_2 > \rho \geqslant \rho_3\end{cases}$ $\rho_3 = \rho_D - b_2$	$\rho_{2,3} = \rho_D \cos\left(\frac{\varphi_z}{2} - \varphi\right) -$ $- \sqrt{b_2^2 - \rho_D^2 \sin^2\left(\frac{\varphi_z}{2} - \varphi\right)}$

unde :

$$B_0 = \left[\frac{\operatorname{tg}\alpha_1}{\operatorname{tg}(\varphi_{z/2} - \varphi_{z/f})} - 1\right] \Big/ \left[\frac{\sin^2\alpha_1}{\sin^2\left(\frac{\varphi_z}{2} - \frac{\varphi_z}{f}\right)} - 1\right] \tag{9}$$

Se defineşte **coeficientul pasului unghiular** $c = \varphi_1/\varphi_p$, ca raportul dintre unghiul de rotaţie corespunzător contactului pe porţiunea circulară A_1A_0 şi pasul unghiular. Deoarece pe porţiunea liniară A_1A_2 unghiul de atac θ variază relativ puţin ($\theta_{1,2} = \alpha_0 - \varphi$), momentul motor rămînînd aproximativ constant [1], în timp ce pe porţiunea circulară unghiul de atac şi respectiv momentul motor scad la zero (pentru poziţia de echilibru stabil), se recomandă :

$$c = \varphi_1/\varphi_p = 0{,}1 \ldots 0{,}2 \tag{10}$$

şi $\alpha_0 = 20^0 \ldots 50^0$

Algoritmul de calcul

Determinarea tuturor mărimilor geometrice ce definesc construcţia şi funcţionarea MPP radiale cu came se poate face alegîndu-se iniţial cinci parametrii de bază :

— numărul de faze $f = 3$; 4 ;

— pasul unghiular $\varphi_p = 360^0/f.z$ sau numărul de dinţi z ;

— coeficientul pasului unghiular $c = \varphi_1/\varphi_p = 0{,}1 \ldots 0{,}2$;

— unghiul $\alpha_0 = 20^0 \ldots 50^0$;

— raza interioară R_i, în funcţie de restricţiile de gabarit.

Algoritmul de calcul este următorul :

a. Se stabilesc valorile parametrilor de bază conform indicaţiilor menţionate mai sus şi limitele pentru raza interioară R_i ;

b. Se calculează mărimile auxiliare

$$\varphi_z = \frac{2\pi}{z}; \quad \alpha_1 = \alpha_0 - \varphi_{z/2}; \quad R_e = R_i \frac{\cos\alpha_1}{\cos\alpha_0}$$

alegîndu-se valoarea minimă pentru raza interioară R_m şi $c = 0{,}15$;

c. Se alege raza r_2 şi se calculează valoarea maximă $r_{0\,max}$ cu relaţia (8) ;

d. Se alege $r_0 \leqslant r_{0\,max}$ cît mai aproape de valoarea maximă, dintr-un şir de valori prestabilite, de preferinţă valorile standardizate pentru rolele de rulmenţi ;

e. Se calculează raza r_1 şi se rotunjeşte valoarea obţinută

$$r_1 = \frac{B_1 R_i \cos\alpha_1 + r_0}{1 + B_1}; \quad B_1 = \frac{\frac{\operatorname{tg}\alpha_0}{\operatorname{tg}\varphi_1} + 1}{\frac{\sin^2\alpha_0}{\sin^2\varphi_1} + 1};$$

iar cu valoarea adoptată se determină :

$$b_1 = r_1 - r_0 ; \; b_2 = r_2 + r_0 ;$$

$$a_1 = r_1 \operatorname{tg}\alpha_0 ; \; a_2 = r_2 \operatorname{tg}\alpha_1 ;$$

$$q = R_e \cos\alpha_0 - r_0 ;$$

f. Se recalculează valoarea coeficientului c şi se verifică dacă se încadrează în limitele recomandate :

$$0{,}1 \leqslant c = \frac{\operatorname{arc\,tg}\left(\dfrac{b_1 \operatorname{tg}\alpha_0}{\dfrac{R_e}{\cos\alpha_0} - a_1 \operatorname{tg}\alpha_0 - r_0}\right)}{\varphi_p} \leqslant 0{,}2 ;$$

g. Se calculează coordonatele centrelor de curbură C şi D ;

$$C \begin{cases} \varphi_e = 0 \\ \rho_e = R_e - \dfrac{r_1}{\cos\alpha_0} \end{cases} \qquad D \begin{cases} \varphi_D = \varphi_{z/2} \\ \rho_D = R_i + \dfrac{r_2}{\cos\alpha_1} \end{cases}$$

h. Se scriu ecuaţiile profilului camei (tab. 2) şi traiectoriei centrului (tab. 3) şi se calculează coordonatele punctelor semnificative $A_0 \ldots A_3$, $O_0 \ldots O_3$, precum şi cursele active şi pasive cu relaţiile (4) şi (6).

Cu ajutorul valorilor obţinute se trece la proiectarea propriu-zisă a MPP. Dacă dimensiunile de gabarit sînt nesatisfăcătoare (diametrele pistoanelor prea mici, secţiunile nominale de curgere ale circuitelor de alimentare sub valorile recomandate etc.), se reface calculul adoptîndu-se o rază interioară mai mare. Momentul maxim dezvoltat de motor la ieşire depinde de presiunea de alimentare, de numărul şi suprafaţa efectivă a elementelor motoare grupate pe o fază, de geometria camei şi a tijelor palpatoare.

În cazul în care momentul motor este impus prin tema de proiectare, raza interioară minimă $R_{i\,min}$ rezultă din expresia momentului static [1].

Pentru a evita încercările repetate, pe baza algoritmului prezentat a fost realizat un **program de calcul** care rulează succesiv toate valorile pentru α_3 între 20^0 şi 45^0 din 5^0 în 5^0 şi pentru R_i între $R_{i\,min}$ şi $R_{i\,max}$ din 5 în 5 mm.

Calculul geometric şi cinematic reprezintă o primă etapă, foarte importantă şi strict necesară în procesul de proiectare a MPP cu came, proces în care trebuie corelate armonios etapele de calcul cu cele de dimensionare constructivă şi tehnologică.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Demian, T., Banu, V.*: „Micromotoare pneumatice liniare şi rotative", Editura Tehnică, Bucureşti, 1984.

CZ : 621-34/38

Caracteristica de reglare a debitului la distribuitoarele pneumatice proporționale

Șef lucr. dr. ing. Nicolae **ALEXANDRESCU** — Institutul Politehnic București

Controlul vitezei de deplasare a subansamblurilor mobile din motoarele pneumatice, piston-tijă-sarcină la motoarele liniare (cilindri pneumatici), sau rotor-arbore-sarcină la motoarele rotative, reprezintă o problemă deosebit de importantă a sistemelor de acționare pneumatică, la care precizia de poziționare — de oprire este o condiție impusă. Modificarea în timp sau în spațiu a sarcinii, în corespondență cu legea ei de variație de la elementul motor al mecanismului acționat, sau cu caracterul variabil al sarcinii de la o fază la alta a evoluției sistemului de acționare, în raport cu cerințele de lucru, conduce la abateri mari ale vitezelor de deplasare. Pentru menținerea constantă a vitezei, sau pentru a-i imprima o anumită lege de variație (mișcare rapidă și apoi lentă în vecinătatea punctelor de oprire), este necesar a se face alimentarea motorului cu un debit corespunzător, a cărui valoare constantă sau după o funcție de variație să fie independentă de modificarea sarcinii.

După cum se constată din figura 1, în care este reprezentat un sistem pneumatic distribuitor-cilindru, sarcina F_t variabilă conduce la modificarea presiunii de lucru P_1 ce se instalează în camera de suprafață S_1 (fără tijă) a pistonului. Evident, această situație apare la deplasarea spre dreapta a subansamblului piston—tijă—sarcină. Primele încercări pe plan mondial pentru realizarea de distribuitoare pneumatice proporționale [3] au în vedere varianta cu sertar de translație, unde — constructiv — este posibilă numai modificarea simultană în același sens (de creștere sau scădere) a două secțiuni de curgere prin distribuitor — cea de umplere a volumului V_1 și cea de golire a volumului V_2. Într-o asemenea funcționare echilibrul de mișcare a subansamblului mobil piston—tijă—sarcină este influențat și de presiunea ce se instalează pe suprafața S_2, generată în procesul de golire a camerei cu tijă a cilindrului pnumatic. Modelul matematic al unei asemenea acționări este prezentat în lucrările [1] și [2]. Pentru a se eli-

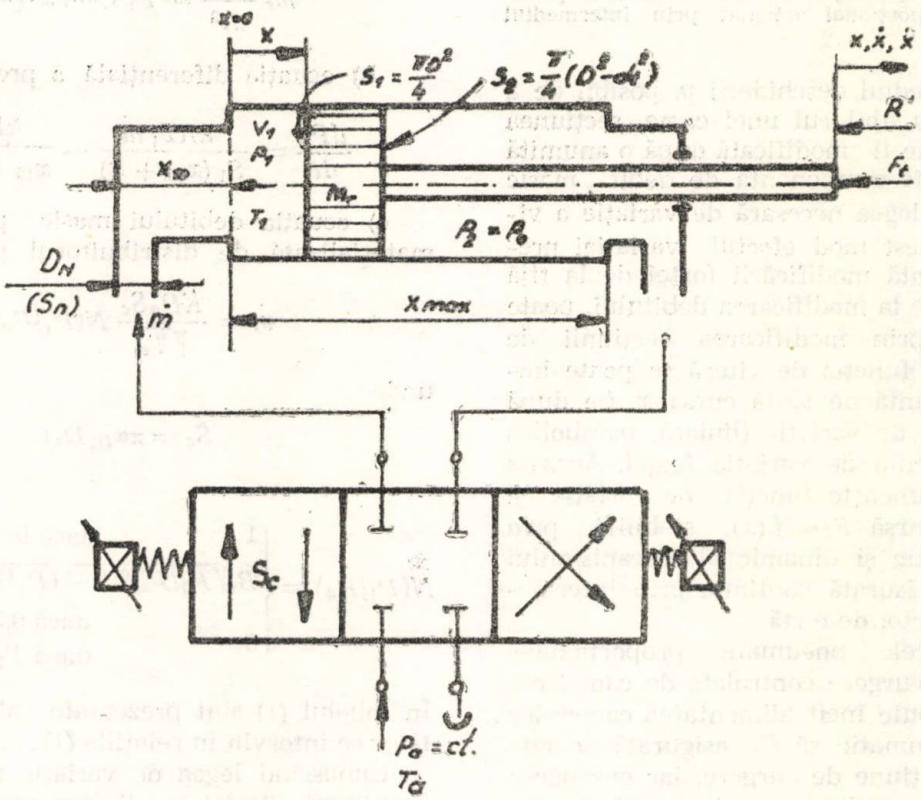


Fig. 1 Sistem pneumatic cilindru-distribuitor proporțional

mina acest dezavantaj ce conduce la diminuarea forței utile la tijă, precum și a altor dezavantaje ce rezultă din pierderile interne de debit mari, specifice etanșării cilindrice din ajutajul distribuitoarelor proporționale cu sertar, s-a urmărit realizarea unui distribuitor cu supape plane, cu control defazat al celor două secțiuni simultane de curgere. Configurația unei asemenea secțiuni de curgere prin distribuitor este prezentată în figura 2.

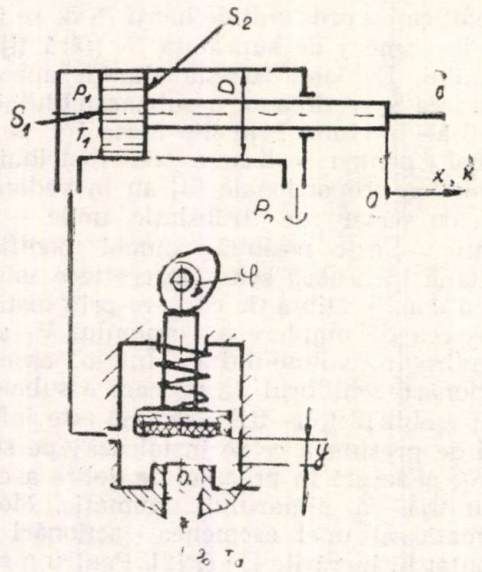


Fig. 2 Schema de principiu a unui distribuitor pneumatic proporțional actionat prin intermediul unor came.

Prin intermediul deschiderii y, posibil de a fi controlată cu ajutorul unei came, secțiunea de curgere poate fi modificată după o anumită lege, astfel încît componenta de debit masic ($\dot{m}$) să asigure legea necesară de variație a vitezei ($\dot{x}$). În acest mod efectul variației presiunii P_1 datorată modificării forței de la tijă (F_t), ce conduce la modificarea debitului, poate fi compensat prin modificarea secțiunii de curgere. Astfel funcția de viteză se poate impune fie constantă pe toată cursa x, fie după o anumită lege de variație (liniară, parabolică etc.), independentă de variația forței. Aceasta impune a se cunoaște funcția de variație a forței F_t pe cursă $F_t = f(x)$, stabilită prin studiul cinematic și dinamic al mecanismului acționat sau măsurată continuu prin intermediul unui traductor de forță.

Distribuitoarele pneumatice proporționale, cu secțiuni de curgere controlate de came, pot fi astfel concepute încît alimentarea camerelor cilindrului pneumatic să fie asigurată de cîte o asemenea secțiune de curgere, iar evacuarea lor (în opoziție cu alimentarea) să se facă prin secțiuni care să crească rapid, mai devreme decît momentul începerii deschiderii secțiunilor de alimentare. Acest lucru este ușor de asigurat, prin modul în care vor acționa camele asupra supapelor plane. Totodată, pentru o anumită poziție, camele vor închide scaunele asigurînd poziția de centru a distribuitorului proporțional, cînd toate orificiile sînt etanșe-centru închis.

Pe baza schemei din figura 1 se stabilește modelul matematic în următoarele ipoteze simplificatoare :

— debitul masic instantaneu prin secțiunile de curgere este egal cu cel staționar, pentru același raport al presiunilor absolute din aval și amonte ;

— curgerea aerului prin orificii are loc fără schimb de căldură cu exteriorul (regim adiabat);

— temperaturile absolute din camerele de lucru sînt aproximativ constante și egale cu temperatura sursei, $T_1 = T_2 = T_s$;

— pierderea de presiune prin orificiul de alimentare a cilindrului de secțiune nominală S_n este neglijabilă ;

— volumul ocupat de aer pe circuitul de legătură dintre distribuitor și cilindru fiind mic, efectul acestei capacități se neglijează.

În aceste condiții, modelul matematic conține următoarele ecuații :

a) ecuația de mișcarea subansamblului tijă-piston-sarcină :

$$m_r \frac{d^2x}{dt^2} = P_1 S_1 - P_0 S_2 - F_t \qquad (1)$$

b) ecuația diferențială a presiunii P_1 :

$$\frac{dP_1}{dt} = \frac{kRT_1 \dot{m}}{S_1 (x_{10} + x)} - \frac{kP_1}{x_{10} + x} \frac{dx}{dt} \qquad (2)$$

c) ecuația debitului masic prin secțiunea materializată de distribuitorul proporțional :

$$\dot{m} = \frac{KP_a S_c}{\sqrt{T_a}} N(P_1/P_a) \qquad (3)$$

unde :

$$S_c = \pi \alpha_{D1} D_s y \qquad (4)$$

(5)

$$N(P_1/P_a) = \begin{cases} 1 & \text{dacă } 0 < P_1/P_a \leqslant 0{,}528 \\ B_0 \sqrt{(P_1/P_a)^{2/k} - (P_1/P_a)^{(k+1)/k}} & \\ & \text{dacă } 0{,}528 < P_1/P_a < 1 \\ 0 & \text{dacă } P_1/P_a = 1 \end{cases}$$

În tabelul (1) sînt prezentate valorile constantelor ce intervin în relațiile (1) . . . (5).

Cunoscînd legea de variație necesară a fi imprimată vitezei în fiecare punct al cursei, $\dot{x} = f_1(x)$ și modul cum variază forța $F_t = f_2(x)$, se poate determina deschiderea supapei co-

Tabelul 1

Exponentul adiabatic $k = c_p/c_v$	Termenul B_0	Constanta aerului R	Factorul K	Temperatura $T_0 = T_a$	Presiunea atmosferică P_0
—	—	[J/KgK]	[Ks/m]	[°K]	[N/m²]
1,4	3,8639	287,037	0,04042	293,15	$1,013 \times 10^5$

respunzătoare. Pentru aceasta prelucrînd modelul matematic se obține :

$$P_1 = \left(m_r \frac{df_1}{dx} f_1 + P_0 S_2 + f_2 \right) / S_1 \qquad (6)$$

$$\dot{m} = \frac{1}{RT_a} \left\{ m_r \frac{df_1}{dx} f_1 + P_0 S_2 + f_2 + \right. \qquad (7)$$

$$\left. + \frac{x_{10} + x}{k} \left[m_r \frac{d^2 f_1}{dx^2} f_1 + m_r \left(\frac{df_1}{dx} \right)^2 + \frac{df_2}{dx} \right] \right\} f_1$$

Caracteristica deschidere supapă-cursă, $y = f(x)$ poate fi pusă sub forma :

(8)

$$y = \frac{1}{A_0} \cdot \frac{1}{N(P_1/P_a)} \left\{ m_r \frac{df_1}{dx} f_1 + P_0 S_2 + f_2 + \right.$$

$$\left. + \frac{x_{10} + x}{k} \left[m_r \frac{d^2 f_1}{dx^2} f_1 + m_r \left(\frac{df_1}{dx} \right)^2 + \frac{df_2}{dx} \right] \right\} f_1$$

Un caz frecvent întîlnit în aplicații este acela în care se urmărește obținerea unei viteze ce variază după o lege liniară, $\dot{x} = dx + e$, iar forța variază după o lege de forma, $F_t = ax^2 + bx + c$. În această situație relația (8) devine :

$$y = \frac{1}{A_0} \cdot \frac{1}{N(P_1/P_a)} \left[m_r d(dx + e) + P_0 S_2 + \right.$$

$$+ (ax^2 + bx + c) + \frac{x_{10} + x}{k} \cdot$$

$$\left. \cdot (m_r d^2 + 2ax + b) \right] (dx + e) \qquad (9)$$

unde

$$A_0 = \pi \alpha_{D1} K R P_a \sqrt{T_a} D_s \ [\mathrm{N/s}] \qquad (10)$$

Mărimile constructive ce intervin în figura 2 și în relațiile (9) ... (10) sînt :

$D = 0{,}04$ m ; $d_t = 0{,}032$ m ; $D_s = 0{,}004$ m ;

$x_{max} = 0{,}7$ m ; $P_a = 7 \times 10^5 \mathrm{N/m^2}$; $m_r = 2$ Kg.

Din condiția de continuitate a secțiunii de curgere se poate determina valoarea maximă a cursei de deschidere :

$$y_{max} = \frac{1}{4} \frac{\alpha_{D2}}{\alpha_{D1}} \frac{D_N^2}{D_s} \qquad (11)$$

cu valorile : $\alpha_{D1} = 0{,}7321$; $\alpha_{D2} = 0{,}8149$ pentru coeficienții de debit și considerînd $D_N = D_s$ se obține $y_{max} = 1{,}1$ mm. Rezultă că domeniul util al cursei de deschidere este :

$$0 \leqslant y \leqslant 1{,}1 \text{ mm.}$$

Caracteristica (9) prelucrată pe calculator, pentru diferite situații de funcționare, este prezentată în figura 3. Pentru fiecare caz în parte, mărimile variabile și coeficienții a, b, c, d și e sînt specificați în planul figurii.

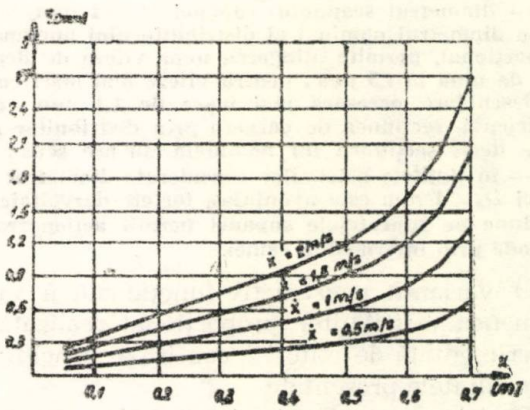


Fig. 3 Caracteristica deschidere supapă-cursă, $y = f(x)$ pentru următoarele situații de funcționare :
a) $F_t = bx$, $\dot{x} = e$, unde : $b = 1000$ [N/m], $e = 0{,}5$; 1; 1,5; 2 [m/s];

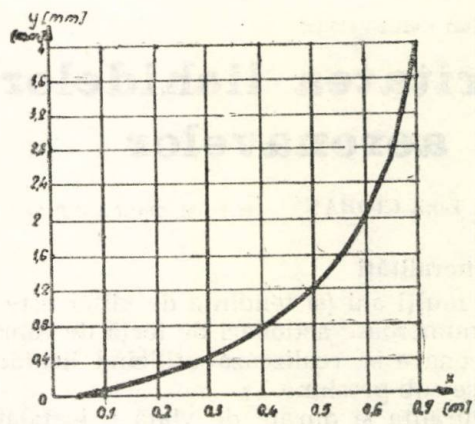


Fig. 3 b) $F_t = bx$, $\dot{x} = dx$, unde : $b = 1000$ [N/m], $d = 2/0{,}7$ [s^{-1}];

Din analiza rezultatelor obținute se desprind următoarele **concluzii :**

— prin corelarea deplasării (x) cu unghiul de rotire al camei φ, se poate ridica profilul camei prin

intermediul mărimii (y), astfel încît indiferent de variația forței (F_t), a cărei funcție trebuie cunoscută, subansamblul piston-tijă-sarcină să se deplaseze după o funcție dorită de viteză;

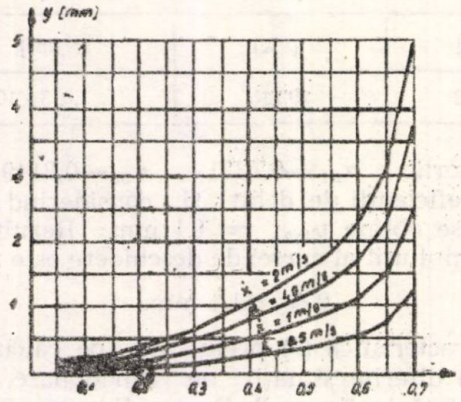


Fig. 3 c) $F_t = ax^2$, $\dot{x} = e$; unde : $a = 700/(0,7)^2$ [N/m^2], $e = 0,5$; 1; 1,5; 2;

— diametrul scaunului supapei $D_s = 4$ mm, identic cu diametrul nominal al distribuitorului pneumatic proporțional, permite atingerea unor viteze de deplasare de pînă la 1,5 m/s ; pentru viteze mai mari cursa de deschidere necesară mai mare de 1,1 mm este ineficientă, secțiunea de curgere prin distribuitor mai mare decît secțiunea lui nominală nu are sens ;

— în limitele mărimilor considerate diametrul supapei $D_s = 4$ mm este avantajos, forțele dezvoltate de presiune pe suprafețele supapei permit acționarea ei comodă prin intermediul camei.

O variantă constructiv-funcțională a unui asemenea distribuitor proporțional realizată și experimentată de autori a confirmat concluziile și rezultatele prezentate.

Deși ipotezele făcute sînt unanim acceptate în literatura de specialitate, ele neaducînd modificări esențiale funcționării, studiul procesului termodinamic din acționarea pneumatică distribuitor proporțional-cilindru poate fi dez-

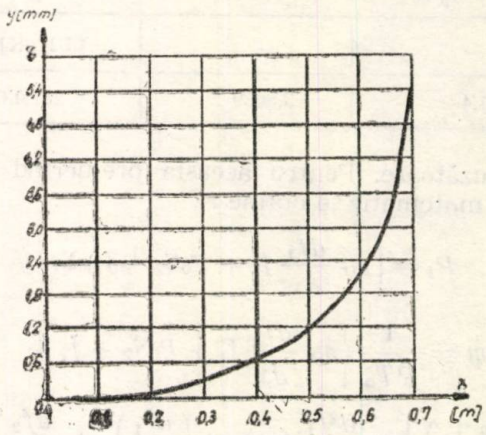


Fig. 3d) $F_t = ax^2$, $\dot{x} = dx$ unde : $a = 700/(0,7)^2$ [N/m^2], $d = 2/0,7$ [s^{-1}].

voltat corespunzător condițiilor reale în care evoluează această structură.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Radcenco, Vs., Alexandrescu, N. ș.a.* : „Calculul și proiectarea elementelor și schemelor pneumatice de automatizare" Editura tehnică, București, 1985.

[2] *Alexandrescu, N., Avram, M.* : „Distribuitor pneumatic proporțional" Construcția de mașini, nr. 7, 1986.

[3] *Neuhaus, R.* : „Aufbau und Eigenschaften eines Electropneumatischen Servoventils", Olhydraulik und Pneumatic, nr. 7, 1980.

[4] *Demian, T., Banu, V.* : „Micromotoare pneumatice liniare și rotative", Editura tehnică, București, 1984.

CZ : 626/627 : 621.2 : 629.135

Puritatea lichidelor din instalațiile hidraulice ale aeronavelor

Dr. ing. Emil **CIOBANU** — M.I.C.M.-D.C.I.A.C.P.A.

Generalități

De mulți ani (și tendința de viitor este aceeași,) numeroase acționări de forță de comandă pe aeronave se realizează utilizînd lichide hidraulice sub presiune.

Siguranța și durata de viață a instalațiilor hidraulice depinde în primul rînd de gradul de curățenie a instalației hidraulice, respectiv a lichidului, aspect tratat în continuare.

Din unele satistici [1] rezultă că din 100 defecțiuni (avarii) pe avioane, aproximativ 20 sînt datorate impurificării lichidului din instalația hidraulică.

Așadar, „curățenia" deosebită a lichidului este impusă în primul rînd de cerințe de siguranță a zborului, dar nu trebuie neglijate nici aspectele economice. Creșterea fineții de filtrare a lichidului unei instalații de la 20—25 μm, la 5 μm, duce la creșterea de 10 ori a duratei de viață a pompelor și de 5—7 ori a celorlalte echipamente.

În general, purității lichidului nu i se acordă atenția necesară, întrucît efectele impurificării lichidului nu sînt sesizabile în mod direct. În plus, se impune dotarea cu o aparatură costisitoare și însușirea unei tehnologii de prele-

vare a probelor și de determinare propriu-zisă a gradului de impurificare.

Sursele de poluare a lichidului sînt foarte diferite : toate procedeele de fabricație, asamblare, reparare, punere în funcțiune sînt generatoare de impurități.

În timpul funcționării instalației, se produce alterarea uleiului, prin uzură apar particule metalice sau din cauciuc, urme de vopsea sau alte acoperiri, se desprind particule din filtru și conducte flexibile etc.

Mărimea particulelor din sistemele hidraulice ale aeronavelor, în general, este acceptată între 1 și 100 microni, iar numărul lor este funcție de condițiile de exploatare, montaj etc. și poate ajunge la sute de mii de particule în litrul de lichid, majoritatea sub 1—5 μm (80—90%).

Privind influența impurificării lichidelor, se iau în considerare mai mulți parametri, de exemplu :

— natura particulelor ;

— numărul și mărimea particulelor la o cantitate dată de lichid ;

— viteza de curgere a lichidului în fantele de comandă ;

— presiunea din sistem, căderile de presiune ;

— ajustaje și alte caracteristici constructive ale echipamentelor hidraulice.

Critice sînt particulele avînd dimensiuni apropiate de înălțimea interstițiului dintre piese, întrucît ele acționează asupra ambelor suprafețe și funcție de duritatea și forma muchiilor produc uzură, putînd genera și alte particule.

La viteze de curgere mari ale lichidului, particulele abrazive de dimensiuni mici (începînd de la un micron) produc eroziunea muchiilor de comandă, a scaunelor, supapelor de comandă, orificiilor, ajustajelor etc.

Printre urmările folosirii lichidelor poluate se enumeră :

— căderea bruscă a instalației ;

— pierderi suplimentare de putere ca urmare a creșterii pierderilor interne de lichid datorită majorării jocurilor prin uzură ;

— modificarea în timp a reglajelor inițiale;

— uzură prematură a componentelor și lichidului etc.

În cazul pompelor NP—25 de pe IL—18, la demontarea pentru reparații, s-a constatat că jocul între cilindru și pistonaș a ajuns în medie la 10—15 μm, față de cîțiva microni inițial.

Folosind lichid AMG-10, impurificat cu electrocorund și oxizi de fier în limitele 0,5—40 mg/l, pentru studiul distribuitoarelor de la electrodistribuitoarele GA—49; GA—142 de la servomecanismele BU—10 ; BU—1 (aflate pe aeronave din dotare) și de la reductoarele de presiune GA—213 ; GA—159, s-a constatat o funcționare defectuoasă a acestora manifestată prin blocarea sertărașului, lucru nestabil și uzura pieselor împerecheate [2].

Particulele neabrazive, solide, ca de exemplu uzuri ale garniturilor, fibre textile, exfolieri ale stratului de vopsea sau alte protecții pot produce perturbații în funcționarea agregatelor hidraulice prin înfundarea unor canale, fante, sau chiar prin blocarea distribuitoarelor.

Impuritățile mecanice din lichid accentuează procesul de alterare a acestuia, prin oxidarea mai accentuată a lichidului din jurul acestora, la temperaturi și presiuni mari. S-a constatat că la temperaturi de lucru de peste +70°C, durata de exploatare a lichidului scade de 2—3 ori.

Nu trebuie considerat că numai impuritățile solide contribuie la poluarea lichidului ; alți factori sînt apa, combustibilul și produsele rezultate din alterarea lichidului.

Produsele nedizolvabile provenite din alterarea lichidului conduc la formarea spumei și depunerea unor lacuri și rășini, în interstiții, fante etc. Sînt citate cazuri de „lipire cu smoală a sertărașului și înfundări de filtre".

Prescripții referitoare la puritatea lichidului

În ultimii ani, în țările industrializate, au fost elaborate norme, standarde, care definesc clasele de puritate a lichidului. Se întîlnesc normative care stabilesc clase de puritate după criteriul gravimetric, de obicei în [mg/litru]

Extras din GOSTAT 17216—71

Tabelul 1

Clasa de puritate 100	Număr de particule la 100 ± 0,5 cmc, dimensiuni în [μm]							
	0,5—1	1 la 2	5 la 10	10 la 25	25 la 50	50 la 100	100 la 200	fibre	Masa impurităților [%]
4	nu se impune		250	125	12	3		lipsă	nu e normat
5			500	250	25	4	1		
6			1000	500	50	6	2	1	0,0002
7			2000	1000	100	12	4	2	0,0002
8			4000	2000	200	25	6	3	0,0004
9			8000	4000	400	50	12	4	0,0006

Prescripții pentru avionul AN—24

Tabelul 2

Dimensiuni particule [μm]	5—10	10—25	25—50	50—100	peste 100
Număr particule [buc]	1000	300	75	25	1
Greutate [mg/l]		0,296			
Conținut de impurități [%]		0,0000348			

sau procente de greutate și granulometric, care impun de particule între anumite limite dimensionale, exprimate în microni, pentru un anumit volum de lichid și mai rar la greutate de lichid.

În U.R.S.S. este folosit din iunie 1973 GOST 17216—71, care conține 19 clase de puritate a lichidului ; tabelul 1 conține o parte din GOST, domeniul folosit în aeronautică (tab. 1).

Tehnologia [3] avionului AN—24 impune ca după spălarea și încercarea înainte de darea la zbor, impuritățile din lichid să fie sub limitele din tabelul 2 (tab. 2).

O largă aplicabilitate în industria aeronautică internațională o are norma NAS (National Aerospace Standard) 1638, emisă în S.U.A. în 1964, și care este adoptată și de către Japonia, Anglia, iar în Franța norma AIR 1653/A, editată în mai 1971, consemnează aceleași valori. În tabelul 3 sînt conținute clasele folosite de obicei la aeronave (tab. 3).

Extras din norma NAS 1638 IDENTICA cu AIR 1653/A

Tabelul 3

Clasa	Dimensiuni particulare în [μm] — Număr maxim de particule la 100 cmc lichid				
	5 — 15	15 — 25	25 — 50	50 — 100	peste 100
4	4000	712	126	22	4
5	8000	1425	253	45	8
6	16000	2850	506	90	16
7	32000	5700	1012	180	32
8	64000	11400	2025	360	64
9	128000	28800	4050	720	128

După AIR 1653/A (NAS 1638) sînt impuse limite pentru instalația hidraulică a elicopterului IAR—330 (SA—330—Puma), astfel, s-a stabilit [4] ca înainte de livrarea elicopterului de către întreprindere, după fabricație, reparație etc., lichidul din instalația acestuia să aibă clasă mai mică de 7, iar la atingerea clasei 9, elicopterului trebuie să i se depolueze instalația hidraulică.

În cazul elicopterului IAR—316, care are o instalație hidraulică mai puțin pretențioasă decît la IAR—330, este stabilită ca limită clasa 9 înainte de introducere în exploatare și clasa 12 ca limită pentru trecerea la depoluare.

Pentru IAR—93, s-a impus clasa 6 după NAS, ca limită maximă acceptată în timpul exploatării, clasă impusă de existența în instalație a servovalvelor și servomecanismelor foarte pretențioase, jocurile în distribuitoare fiind de numai 3—5 μm.

În țara noastră încă nu s-a elaborat o normă generală privind puritatea lichidului din instalațiile hdraulice, dar din exemplele anterioare, se observă în general tendința de impunere a normei NAS 1638 în industria aeronautică.

Determinarea purității lichidelor

Ca și în norme, metodele principale se referă la determinarea cantitativă a impurităților (procedeul gravimetric), sau ca număr și mărime de particule (granulometric), raportate în ambele cazuri la un anumit volum de lichid.

Datînd din anii '60, metoda recomandată de norma ARP 598 se pare că este în prezent cea mai răspîndită la noi în țară, deși conține metode de numărare și prelucrare statistică, greoaie. O cantitate de 100 ml de lichid este trecută printr-o membrană specială (fabricație Millipore, sau R.D.G., cu finețe de filtrare 1 sau 0,8 μm). În continuare, particulele rămase pe suprafața membranei, după tratarea corespunzătoare a acesteia, pot fi cîntărite sau numărate direct de operator la microscop sau la un monitor, cît și automat de către un calculator (aparatură Millipore, sau U.R.S.S.).

Aparatura lucrînd pe principiul electronooptic se pare că se impune în domeniul determinării purității lichidului, singurul dezavantaj constatat la acest sistem poate fi numărarea bulelor de gaz, dacă proba nu e bine pregătită.

Industria de aviație dispune de un „analizor automat de particule HIAC—PC—320" ; acesta determină numărul de particule în cadrul a șase game de dimensiuni în domeniul de măsurare a senzorului (se dispune de senzori 2—60; 3—90 ; 5—150 μm). Gamele de dimensiuni în timpul numărării automate se aleg, de obicei, în concordanță cu NAS 1638=AIR 1653/A. Din determinările de puritate efectuate pînă în pre-

zent rezultă că practic, folosind una din metodele de măsurare, rezultatul obținut nu satisface simultan cerințele GOST și NAS ; recomandabil este ca procedeul de măsurare și materialele utilizate să fie în concordanță cu norma aleasă. Probabil din acest motiv numeroase firme au specificații proprii privind puritatea lichidelor. Ex. : BAe, Dowty etc.

Metode de depoluare

În „curățirea" instalațiilor hidraulice întîlnim etapele :

— curățirea pieselor și echipamentelor hidraulice ;

— spălarea instalației înainte de punerea în funcțiune ;

— depoluarea în timpul funcționării.

Ne vom referi la procesul curățirii instalațiilor hidraulice înainte de darea lor în exploatare, după fabricație sau reparație cînd se urmează fluxul din figura 1 constînd din curățirea elementelor componente, armăturilor, conductelor înainte de montaj. Spălarea întregii instalații, de obicei, în prima etapă, se aplică numai conductelor folosind filtre tehnologice și utilaje de depoluare. În final, întreaga instalație cu toate agregatele conectate este supusă unei spălări care impune și funcționarea echipamentelor care o compun.

Practica a arătat că spălarea conductelor cu solvenți pe bancuri nu asigură o curățire satisfăcătoare (s-a ajuns chiar la curățarea acestora cu freon cu ultrasunete, procedeu însă foarte costisitor), de aceea se impune spălarea instalației asamblate.

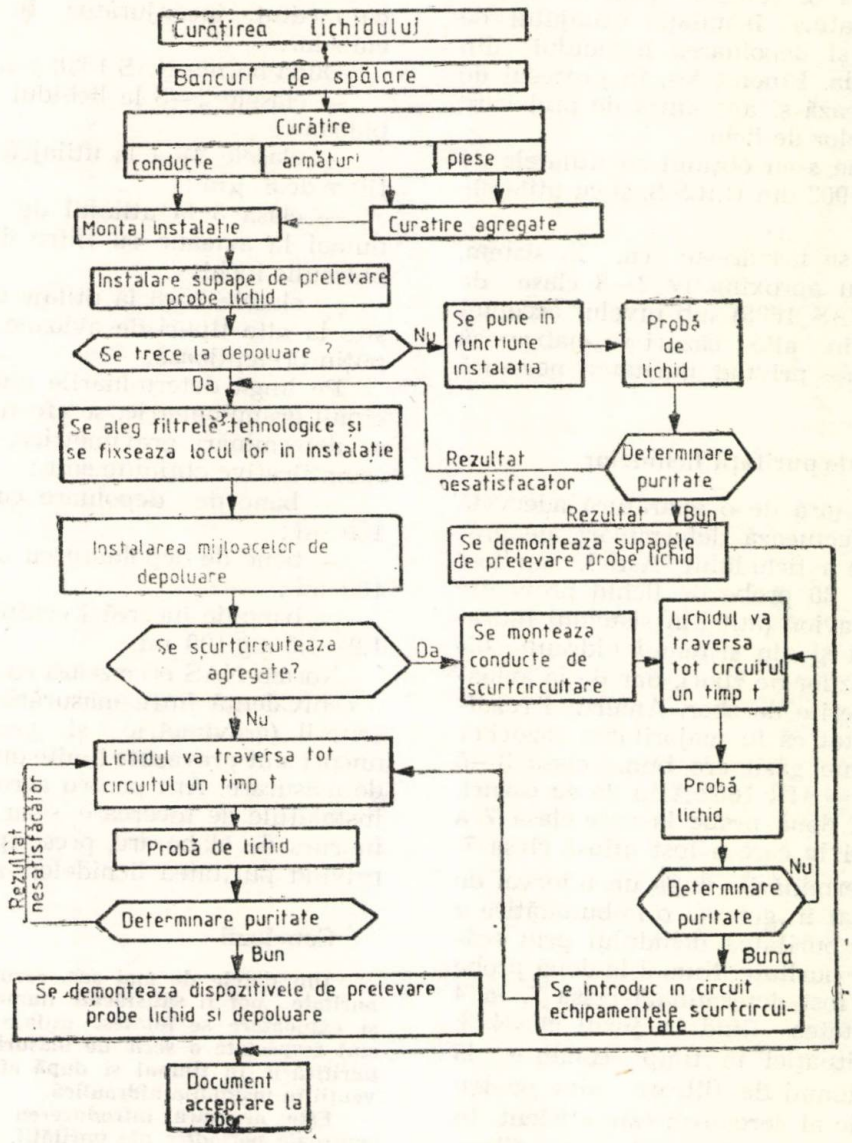


Fig. 1

Tehnologia spălării urmărește :

— punerea în suspensie a impurităților pentru dirijarea acestora spre elementul de reținere ;

— extragerea impurităților din lichid ;

— determinarea gradului de impurificare.

Se recomandă, ca, la spălarea instalației, viteza de curgere a lichidului prin conductă să depășească de 1,5—2 ori viteza normală de lucru (17—30 m/s la conductele de ∅ 10—15 mm). Utilajul de spălare are un debit mărit față de pompa instalației, cu posibilitatea de reglare a presiunii între 10—206 bari, o baterie puternică de filtre cu finețea de filtrare sub 5—8 μm pe conductele de înaltă și joasă presiune, un rezervor cu o capacitate mare, aparatură de măsură și control pentru debite, presiuni, temperaturi. Instalația utilajului de spălare permite și depoluarea lichidului din rezervorul acestuia. Bineînțeles, în procesul de spălare, se utilizează și aparatură de prelevare și analiză a probelor de lichid.

Rezultate bune s-au obținut cu utilajele de depoluare SOG—903 din U.R.S.S. și cu utilajele AMS — Franța.

Prin spălare se urmărește ca, în sistem, lichidul să fie cu aproximativ 2—3 clase de puritate (după NAS 1638) sub nivelul acceptat în exploatare ; în alte cazuri se elaborează prescripții speciale privind puritatea necesară după spălare.

Determinări ale purității lichidelor

Dispunînd în țară de o aparatură adecvată permanent se efectuează determinări ale gradului de poluare a lichidului. Astfel, au fost prelevate o dată 30 probe de lichid provenite de la un tip de avion (atît din sistemul hidraulic principal cît și din sistemul hidraulic hidraulic al comenzilor de zbor), dar de la avioane avînd ore diferite de zbor. Analizînd rezultatele s-a constatat că în majoritatea cazurilor nivelul de puritate găsit era bun, clasa 3—5 după NAS 1638 ≡ AIR 1653/A în 24 de cazuri, dar s-au găsit și două probe la care clasa 7 a fost depășită și 4 la care a fost atinsă clasa 7.

Repetînd determinările după un interval de timp, s-a constatat în general o îmbunătățire a situației privind puritatea lichidului prin scăderea claselor de puritate. Numai la două probe de lichid a mai fost determinată clasa 7, la 4 clasa 6, majoritatea fiind în jurul clasei 3. Îmbunătățirea situației în timp conduce la concluzia că sistemul de filtrare ales pentru sistemul hidraulic al aeronavei este eficient. În cadrul unui sistem sînt înglobate cinci filtre. Cel de pe conducta de întoarcere a lichidului spre rezervor reține particulele care depășesc 3 microni, iar cel de pe conducta de refulare reține particulele mai mari de 10 microni. Este interesant faptul că în clasa cea mai mare, în majoritatea cazurilor, s-a aflat numărul de particule cuprins în domeniul 25—50 microni.

Nu s-a constatat o legătură între numărul de ore de zbor și gradul de impurificare al instalației hidraulice, lichidul din avionul cu numărul cel mai mare de ore de zbor avînd clasa 3—4, deci foarte bună. Gradul de poluare neadmis găsit la cîteva instalații este datorat unor reparații după care nu s-a făcut spălarea corespunzătoare a instalației, sau, în unele cazuri, ca urmare a folosirii unor utilaje de aerodrom necorespunzătoare. S-a constatat că lichidul din sistemul hidraulic principal este mai impurificat decît cel din sistemul hidraulic al comenzilor de zbor, situație justificată prin complexitatea acestui sistem și existența a numeroaselor tije de verine, care vin în contact cu mediul înconjurător în timpul efectuării curselor.

După norma NAS 1638 s-au mai determinat:

— clasele 2—3 la lichidul proaspăt livrat în bidoane ;

— clasele 3—4 la utilajele de depoluare cu filtre de 3 μm ;

— clasa 5 la utilajul de aerodrom folosit numai la avioane cu filtre de 3 μm și sistem hidraulic închis ;

— clasele 7—8 la utilaje de aerodrom folosite la alte tipuri de avioane, cu filtrare mai puțin pretențioasă.

Pe lîngă determinările purității după principiul granulometric, se efectuează și numeroase determinări gravimetrice, cîteva rezultate semnificative obținute sînt :

— banc de depoluare cu filtre 0,4 mg/100 ml ;

— banc de depoluare cu centrifugă 0,3 mg/100 ml.;

— banc de încercări echipamente hidraulice 1,2—1,5 mg/100 ml.

Norma NAS precizează că nu poate fi făcută o echivalență între măsurările după cele două criterii (gravimetric și granulometric), dar uneori sînt prevăzute limite după ambele metode de măsurare. Atît pentru aeronave cît și pentru instalațiile de încercare, s-au elaborat, sau sînt în curs de elaborare, prescripții și alte măsuri privind puritatea lichidelor, a se vedea [5].

Concluzii

Din datele de mai sus, rezultă că normele de puritate pot fi satisfăcute numai dacă în fabricație și exploatare se folosesc utilaje corespunzătoare și sînt respectate o serie de măsuri de prevenire a impurificării, în timpul și după efectuarea unor intervenții în instalația hidraulică.

Este necesară introducerea obligativității unor controale periodice ale purității, la un anumit număr de ore de zbor, cît și după efectuarea unor intervenții în instalația hidraulică, la aeronavele pentru care există prescripții privind puritatea.

Rezultatele acestor controale pot indica starea instalației, în ansamblu, a unor echipamente și necesitatea luării unor măsuri de garantare a siguranței zborului.

Se impune folosirea unor utilaje de aerodrom al căror grad de filtrare a lichidului să fie mai bun decît cel de pe aeronava pe care o servesc.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Sapojnikov, V.M.* : Montaj i ispitania gidravliceskih sistem letatelnik aparatov. Masinostroenie. Moscova, 1872.

[2] *Nikitin, G.A., Ciurkov, S.V.* : Vliianie zagriaznenosti jidcosti na nadejnosti raboti gidrosistem letatelnih aparatov. Ed. Transport, Moscova 1969.

[3] x x x : TRS AN-24 Spălarea și încercarea la sol a sistemului hdraulic al avionului AN-24.

[4] x x x : Aerospațiale. Notă tehnică 702.A.04.001 Y.

[5] x x x : Instrucțiune „Menținerea în folosință a-bancurilor hidraulice de aviație" cod. I—14.70001 emisă de DCIACPA în 1983.

CZ : 621.375 : 532

Amplificator hidraulic de urmărire

Ing. Ion **NICOLAU** – C.C.S.I.T.E.E. București

Introducere

În ansamblul amplificatoarelor hidraulice, cele de urmărire, la care dezvoltarea forței necesară deplasării se face printr-un motor linear cu piston diferențial, se disting prin următoarele particularități : caracteristică statică lineară (lipsită de histerezis), viteză de răspuns bună, greutate și gabarit mari, fiabilitate bună, cost moderat. Aceste caracteristici au facilitat utilizarea lor pe scară largă, în structura sistemelor hidraulice staționare, o aplicație tipică fiind regulatorul de turație hidraulic al turbinelor cu abur.

Lucrarea de față prezintă studiul amplificatorului hidraulic de urmărire care echipează regulatorul de turație pentru turbina cu abur de 50 MW, tip CC 50/60 Hz fabricat în țară.

Construcția amplificatorului

Sistemul hidraulic de reglare a turației de la turbina CC 50/60 Hz are în componența sa un amplificator hidraulic de urmărire, care, primind la intrare cursa traductorului de turație, transformă la ieșire, cursa amplificată, în două debite proporționale de ulei care sînt prelucrate în continuare de sistem.

Construcția arătată în figura 1 poate fi caracterizată astfel : motor linear cu piston diferențial, sistem de comandă de tip ajutaj clapetă, pîrghie cu brațe egale, sertar distribuitor cu două muchii de distribuție independente și cilindru hidraulic care anulează jocurile pîrghiei. Amplificatorul este dotat cu un pulsator care introduce o cursă de mică amplitudine pentru reducerea coeficientului de frecare, de la frecarea mecanică la frecarea vîscoasă.

Amplificatorul prezintă două orificii de alimentare de secțiune constantă și un orificiu de evacuare de secțiune variabilă.

Suprafața orificiului de evacuare este modificată de clapeta traductorului de turație, prin modificarea distanței acesteia față de ajutaj. Față de sistemul clasic care conține un singur orificiu de alimentare, amplificatorul analizat (cu două orificii) prezintă presiuni de lucru mai reduse, stabilitate mai bună, un consum mai mic de ulei și forțe mai mici transmise la traductorul de turație.

Modelul matematic al amplificatorului

În figura 2 este reprezentată schema amplificatorului hidraulic cu două orificii constante și un al treilea de tip ajutaj-clapetă, utilizat la turbina cu abur de 50 MW, tip CC 50/60 Hz.

Din figura 2 se pot scrie următoarele relații :

$$S_1 = \frac{\pi}{4}(D_2^2 - D_1^2) \tag{1}$$

$$S_2 = \frac{\pi}{4}(D_2^2 - D_3^2) \tag{2}$$

$$S_3 = \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \tag{3}$$

$$S_4 = \frac{\pi}{4}(D_4^2 - D_5^2) \tag{4}$$

$$A_0 = \frac{\pi \cdot d_0^2}{4} \tag{5}$$

$$A_1 = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} \tag{6}$$

$$A_2 = \pi d_2 z \tag{7}$$

Ecuația de mișcare a echipajului mobil are forma :

$$F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 = 0 \tag{8}$$

în care :

F_1 este forță de comandă hidraulică;
F_2 este forța de inerție a echipajului mobil;

F_3 este forța de frecare vîscoasă;

F_4 este forța hidrodinamică a sertarului distribuitor;

F_5 este forța pentru realizarea debitului motor la pistonul diferențial.

Forța de comandă hidraulică depinde de valoarea presiunilor P_0, p_1, p_2 precum și de secțiunile $S_1 \ldots S_4$ pe care acționează :

$$F_1 = p_1 S_1 - p_2 (S_2 + S_3) - 2\ p_0 S_4 \qquad (9)$$

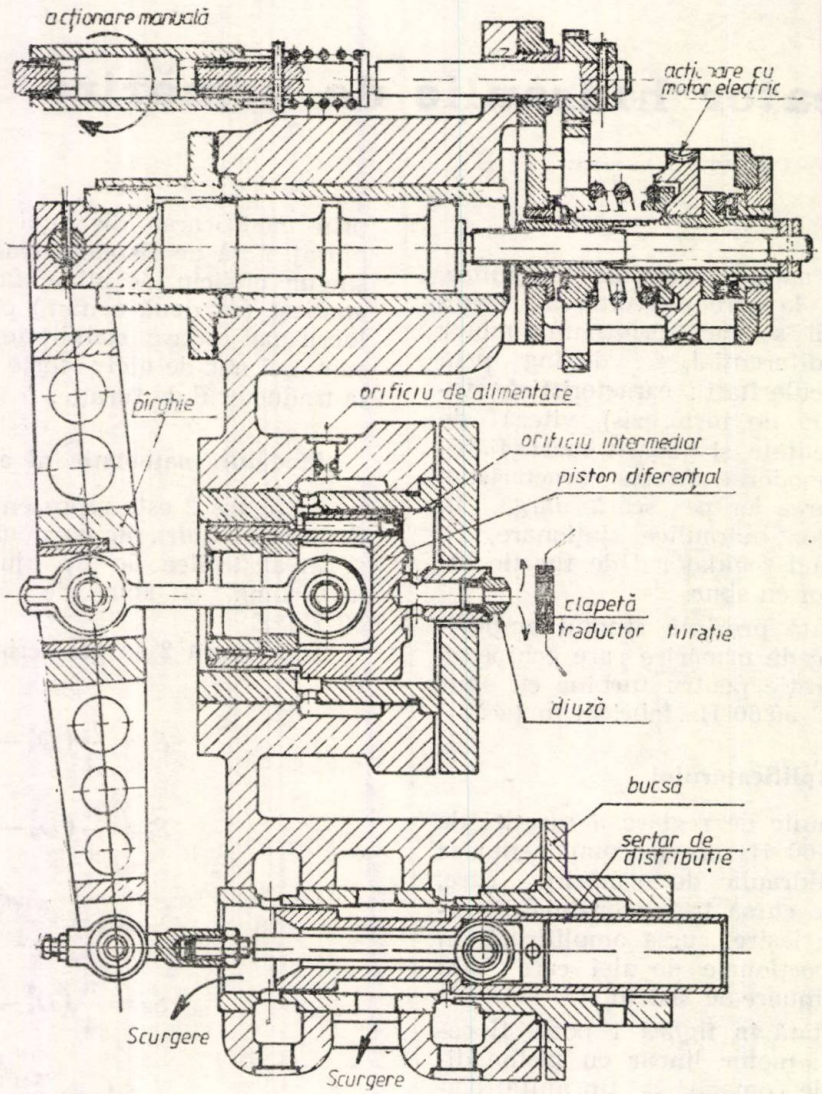


Fig. 1 Amplificator hdraulic de urmărire.

Neglijînd scurgerile parazite prin jocuri, putem scrie continuitatea debitului prin cele două orificii fixe A_0, A_1 și prin sistemul ajutaj-clapetă A_2 :

$$Q_0 = Q_1 ; \quad \mu A_0 \sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_0 - p_1)} =$$

$$= \mu A_1 \sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_1 - p_2)} \qquad (10)$$

$$Q_1 = Q_2 ; \quad \mu A_1 \sqrt{\frac{2g}{\gamma}(p_1 - p_2)} = \mu A_2 \sqrt{\frac{2g}{\gamma} p_2} \qquad (11)$$

de unde prin simplificări succesive se obțin următoarele dependențe :

$$p_1 = p_2 \frac{A_1^2 + A_2^2}{A_1}$$

$$p_2 = p_0 \frac{A_0^2}{\left[\frac{(A_0^2 + A_1^2)\cdot(A_1^2 + A_2^2)}{A_1^2} - A_1^2\right]} \qquad (13)$$

unde secțiunile orificiilor fixe A_0, A_1 sînt diafragme cunoscute, secțiunea sistemului ajutaj-clapetă A_2 depinde de distanța z dintre ajutaj și clapetă, iar distanța z depinde de pozițiile reciproce ale acestora :

$$z = y - x \qquad (14)$$

unde y este poziția clapetei de la traductorul de turație, iar x este poziția ajutajului de la pistonul diferențial.

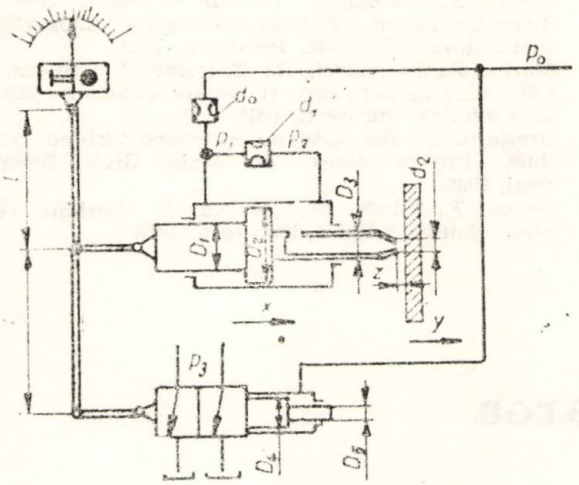


Fig. 2 Schema amplificatorului hidraulic.

Forța de inerție corespunde masei pistonului diferențial m_1, și unei cote părți din masa pîrghiei m_2 și a sertarului distribuitor m_3 :

$$F_2 = m\frac{d^2x}{dt^2} \tag{15}$$

unde :

$$m = m_1 + 0{,}7\ m_2 + 2.m_3 \tag{16}$$

Forța de frecare vîscoasă corespunde jocului foarte redus dintre pistonul diferențial și cilindrul său, precum și dintre sertarul distribuitor și bucșa sa :

$$F_3 = (f_1 + 2f_2)\frac{dx}{dt} \tag{17}$$

unde :

$$f_1 = 8\frac{\pi \cdot D_2 \cdot l_2 \cdot \eta}{\varepsilon_2} \tag{18}$$

$$f_2 = 8\frac{\pi \cdot D_4 \cdot l_4 \cdot \eta}{\varepsilon_4} \tag{19}$$

sînt coeficienți de frecare vîscoasă, D și l diametrul și respectiv lungimea umărului pistonului diferențial (sertarul distribuitor) η este vîscozitatea dinamică a uleiului ε este jocul radial dintre pistonul diferențial și cilindrul său (sertarul distribuitor și bucșa sa).

Forța hidrodinamică rezistentă corespunde transformării cursei sertarului distribuitor în două debite de ulei și depinde de lățimea totală a ferestrelor, de presiunea uleiului și de cursa sertarului :

$$F_4 = 0{,}86\ (h_1 + h_2)\ p_3\ (U - 2X) \tag{20}$$

Forța pentru realizarea debitului motor al pistonului diferențial corespunde suprafeței și diferenței de presiune din camera în care acționează. Pentru camera din dreapta, se poate scrie :

$$F_5 = (S_2 + S_3) \cdot \Delta p_2 \tag{21}$$

Debitul motor, neglijînd compresibilitatea uleiului, este :

$$Q_m + S_2\frac{dx}{dt} \tag{22}$$

$$Q_m = \mu f_2 \sqrt{\frac{2p}{\gamma}\Delta p_2} \tag{23}$$

de unde :

$$\Delta p_2 = \frac{S_2^2}{\mu^2 \cdot f_2^2 \frac{2g}{\gamma}}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 \tag{24}$$

Elemente de simulare numerică

Ecuația diferențială neliniară (8) a fost integrată numeric cu ajutorul calculatorului CE 119 S. Au fost considerate următoarele date : $p_0 = 20$ bari ; $D_1 = 8$ cm ; $D_2 = 10$ cm ; $D_3 = 3$ cm ; $D_4 = 5$ cm ; $D_5 = 4{,}8$ cm ; $d_0 = 0{,}32$ cm ; $d_1 = 0{,}25$ cm ; $d_3 = 0{,}55$ cm ; $h_1 = 1{,}6$ cm ; $u_1 = 0{,}6$ cm ; $h_2 = 2{,}08$ cm ; $u_2 = 0{,}6$ cm ; $p_3 = 10$ bari ; $m_1 = 0{,}500$ Kg ; $m_2 = 0{,}250$ Kg ; $m_3 = 0{,}200$ Kg ; $l_2 = 9{,}9$; $\varepsilon_2 = 0{,}005$ cm ; $l_4 = 3{,}16$ cm ; $\varepsilon_4 = 0{,}004$ cm ; $\eta = 1{,}73.10^{-7}$ daNs/cm^2 $\eta = 0{,}65$; $g = 9{,}81$ m/s^2 ; $\gamma = 0{,}85.10^{-3}$ Kg/cm^3.

S-a studiat răspunsul amplificatorului la un semnal treaptă unitară $\Delta y = 0{,}075$ cm (fig. 3) corespunzătoare unei abateri de 4% a turației.

La semnalul treaptă unitară, amplificatorul dezvoltă o forță hidraulică $F_1 = 295$ daN și prezintă o comportare aperiodică, fără oscilații, la trecerea de la punctul inițial la cel final.

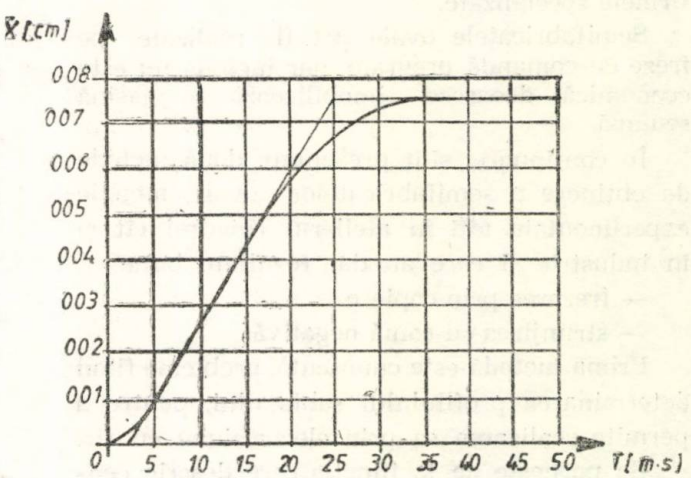


Fig. 3 Dinamica amplificatorului hidraulic.

Amplificatorul poate fi asimilat cu un element de întîrziere de ordinul I, a cărui constantă de circa 25 ms, egală cu cea indicată de rapoartele de experimentare [3].

Concluzii

1. Corespondența bună dintre rezultatele teoretice și cele experimentale confirmă utilitatea modelului matematic.

2. Amplificatorul poate fi utilizat și pentru conducerea unor procese rapide deoarece la un semnal treaptă unitară, timpul de răspuns este de numai 25 m.s.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Florea, S., Cătană, I.:* Analiza și sinteza circuitelor hidraulice și electrohidraulice. Litografia Institutului Politehnic, București, 1981.

[2] *Marin, V., Moscovici, R., Teneslav, D.:* Sisteme hidraulice de acționare și reglare automată. Editura tehnică, București, 1981.

[3] *Breslașu, I.:* Rapoarte de încercare turbine cu abur. Intreprinderea de Mașini Grele, București, 1985.

[4] *Grecu, T., Cârdu, M., Nicolau, I.:* **Turbine cu** abur. Editura tehnică, București, 1976.

CZ : 621.833

Tehnologii pentru realizarea semifabricatelor ovale

Conf. dr. ing. Constantin **MICU**, as. ing. Constantin **BUCȘAN** — Institutul Politehnic București

Cercetările și experimentările efectuate în cadrul Catedrei de Mecanică Fină, în domeniul roților dințate necirculare din construcția contoarelor volumetrice, au dus la dezvoltarea unor tehnologii de execuție și control, care pot fi aplicate și pentru realizarea altor tipuri de piese necirculare.

Lucrarea de față se referă la diferitele variante tehnologice de execuție a semifabricatelor ovale, folosite pentru realizarea roților dințate ovale cu care sînt echipate contoarele de lichide larg utilizate în industria chimică, petrolieră și alimentară.

Tehnologia elaborată pentru realizarea semifabricatelor ovale a ținut seama de faptul că, în condițiile unei varietăți mari tipodimensionale și a unui număr relativ mic de bucăți de același tip, nu este economic să se producă bare laminate și calibrate, așa cum procedează firmele specializate.

Semifabricatele ovale pot fi realizate pe freze cu comandă program, dar metoda nu este economică, deoarece imobilizează o mașină scumpă.

În continuare, sînt prezentate două metode de obținere a semifabricatelor ovale, metode experimentate atît în atelierul catedrei cît și în industrie și care au dat rezultate bune :

— frezarea prin copiere ;

— strunjirea cu camă negativă.

Prima metodă este cunoscută, problema fiind determinarea profilului șablonului, pentru a permite realizarea sa prin electroziune cu fir.

Se pornește de la funcția care descrie centroida (locul geometric al centrelor instantanee de rotație), care este ovalul de divizare al roții, conform figurii 1 :

$$R_{1,2} = \frac{A(1-e^2)}{1-e\cos 2\varphi_{1,2}}$$

în care $A = A_0/2$, iar e este excentricitatea centroidei, dată de relația :

$$a = \frac{R_{max} - R_{min}}{R_{max} + R_{min}},$$

unde R_{max} și R_{min} sînt razele maximă, respectiv minimă ale centroidei.

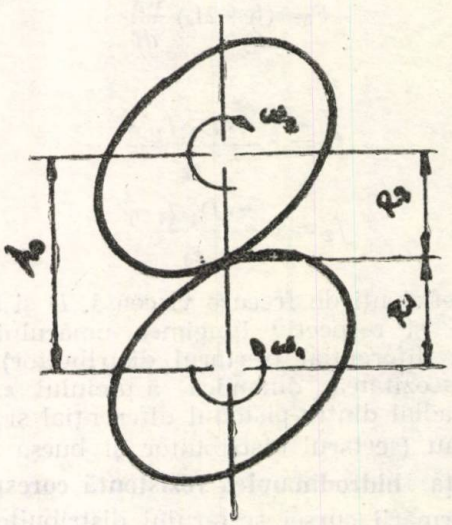


Fig. 1 Centroidele roților dințate ovale conjugate.

Și se determină profilul exterior al roții dințate ovale, dat de raza exterioară R_e și de unghiul la centru corespunzător, φ_e, care este

și profilul șablonului, deoarece palparea acestuia se face cu un tachet cu același diametru cu al frezei.

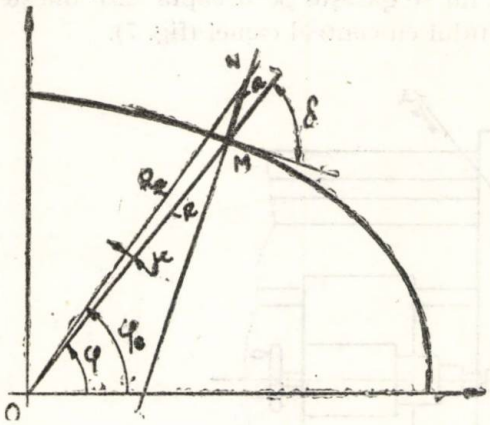


Fig. 2 Determinarea profilului șablonului.

După cum se observă din figura 2, capul dintelui, de înălțime a, are direcția normală la ovalul de divizare.

Rezultă :

$$R_e = \sqrt{R^2 + a^2 + 2aR\sin\delta}$$

$$\delta = \text{arc tg}\,\frac{R}{R'} = \text{arc tg}\,\frac{1 - e\cos 2\varphi}{2e\sin 2\varphi}$$

$$\gamma = \text{arc sin}\left(\frac{a}{R_e}\cdot\cos\delta\right)$$

$$\varphi_e = \varphi + \gamma$$

Organizarea programului pentru determinarea profilului șablonului este prezentată în figura 3.

Cea de-a doua metodă permite obținerea semifabricatelor ovale prin strunjire cu ajutorul unei came, conform figurilor 4 și 5, pe strunguri normale.

Cama 2, prinsă împreună cu piesa 3 pe un dorn 1 fixat în arborele principal al strungului imprimă saniei transversale, eliberată față de șurubul de avans transversal, o mișcare prin intermediul unui tachet 4, dispus de cealaltă parte a piesei față de suportul port-cuțit și scula aschietoare. În acest mod, componenta transversală a forței de așchiere este cea care asigură contactul dintre tachet și camă. Pentru siguranța contactului în cazul finisărilor, atunci cînd componenta transversală a forței de așchiere nu ar fi suficientă pentru a învinge forțele de frecare dintre sania transversală și ghidajele sale, se prevede sistemul cu o pereche de arcuri de întindere 5 și 6 dispuse între sanie și batiu. Adîncimea de așchiere și reglarea mărimii acesteia se asigură prin intermediul saniei suportului port-cuțit 7, care este rotită cu 90°.

În cazul acestei strunjiri, cama utilizată are o formă diferită de cea a piesei de realizat. Ea a fost denumită camă negativă și este prezentată în figura 6.

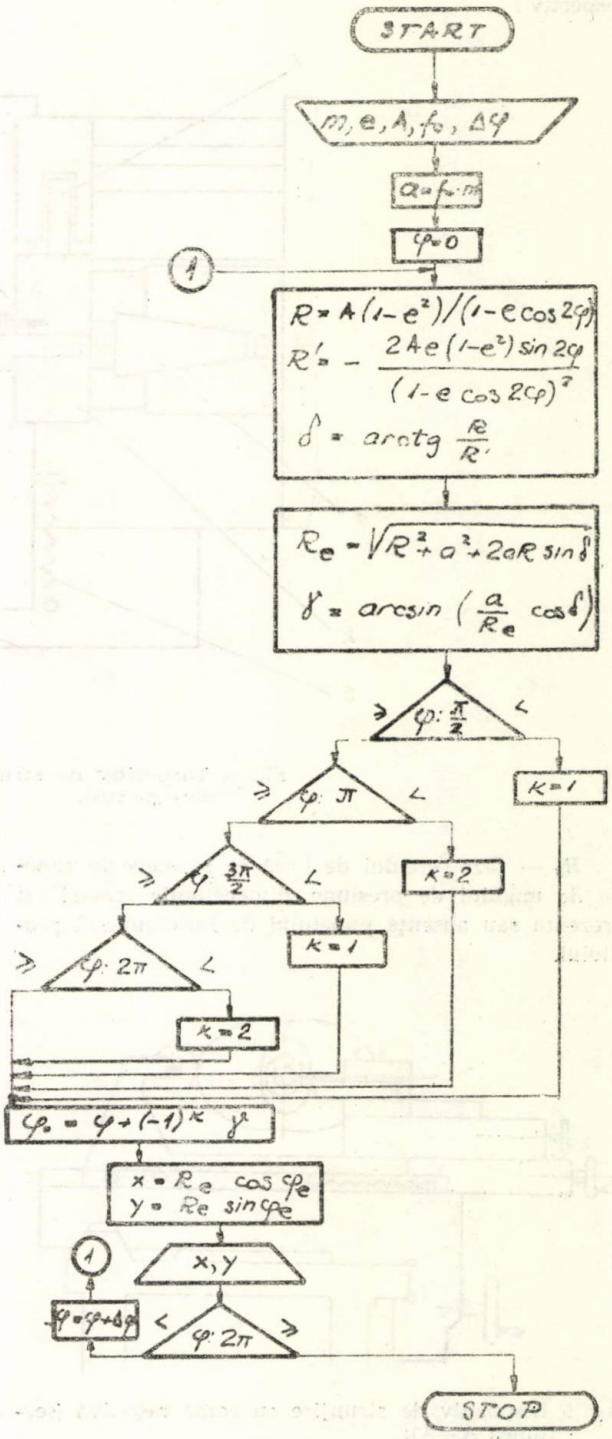


Fig. 3 Organigrama programului pentru determinarea profilului șablonului.

În principiu raza camei negative pentru un unghi φ se determină cu relația :

$$R_e = R_{max} - R_\varphi + R_0$$

în care :

R_c este raza curentă a camei ;

R_{max} — raza maximă a piesei ;

R_φ — raza curentă a piesei pentru unghiul respectiv ;

Din cauza prezenței rolei tachetului, profilul camei trebuie corectat, ținîndu-se seama de faptul că punctul de tangență dintre tachet și camă nu se găsește pe dreapta care unește axa tachetului cu centrul camei (fig. 7).

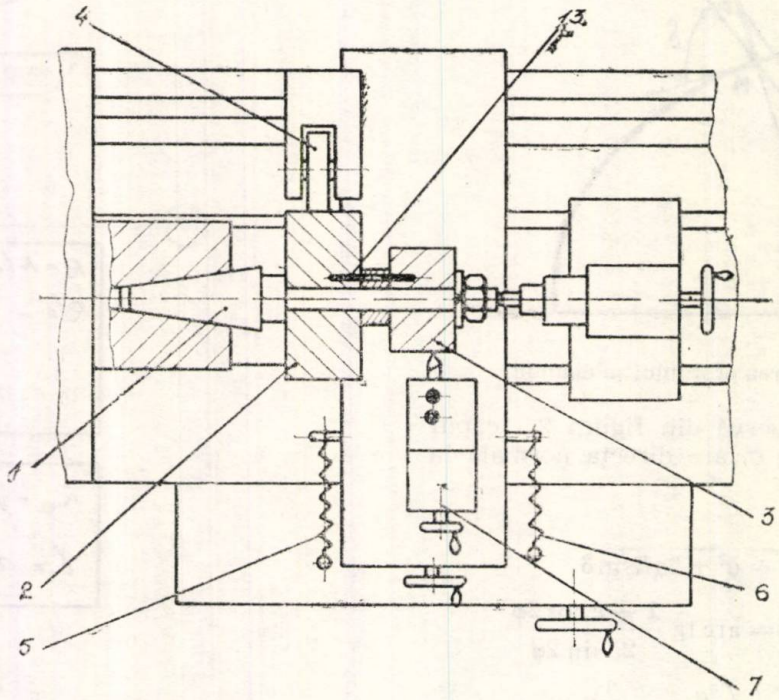


Fig. 4 Dispozitiv de strunjire cu camă negativă (vedere de sus).

R_0 — raza cercului de bază ce se alege în funcție de unghiul de presiune, dimensiunile camei și prezența sau absența punctului de inflexiune al profilului.

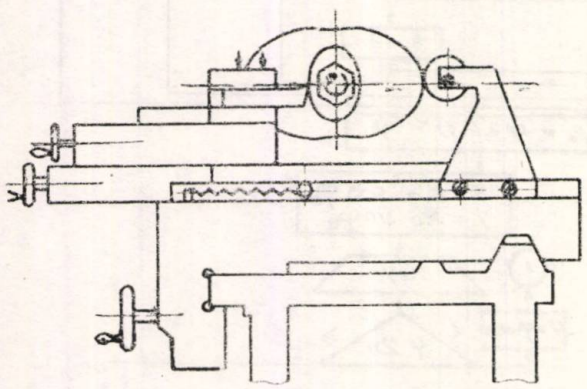


Fig. 5 Dispozitiv de strunjire cu camă negativă (secțiunea A—A);

Se poate observa că în acest mod distanța d, dintre vîrful cuțitului și punctul de contact al tachetului rămîne aceeași, respectiv :

$$d = R_c + R_\varphi = R_{max} + R_0 = \text{constant}$$

În figura 7 este reprezentată cu linie întreruptă traiectoria centrului tachetului, care trebuie să reprezintă profilul teoretic ideal al

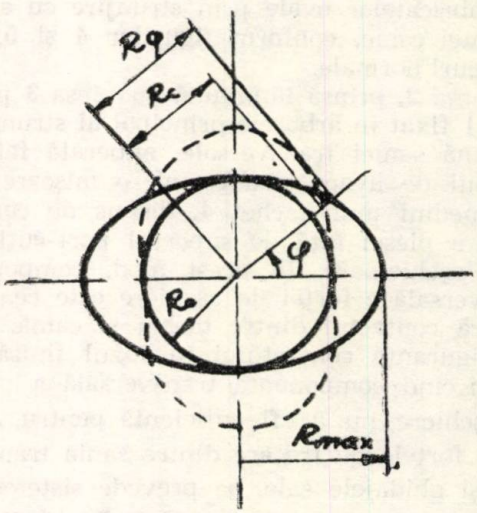


Fig. 6 Cama negativă.

camei negative, și cu linie continuă profilul real al camei. În acest caz $R=R_i$ este raza înfășurătoarei.

Se cunoaște că unghiul dintre rază și tangentă se poate determina cu relația :

$$\delta = \text{arc tg}\left(\frac{R_t}{R_t'}\right)$$

Raza camei rezultă după aplicarea teoremei cosinusului și a unor transformări din relația :

$$R_c = R_t^2 + R_t^2 - R_t R_r \sin\delta$$

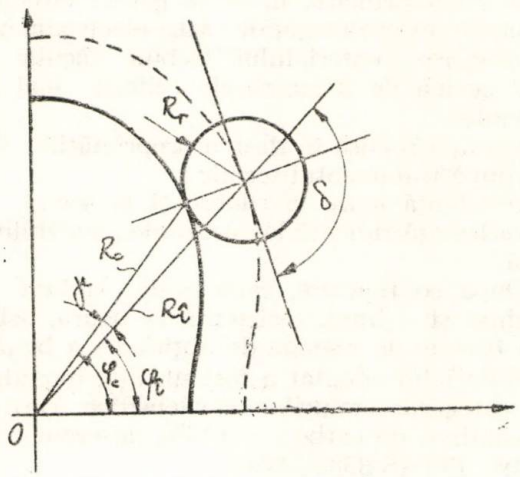


Fig. 7 Determinarea profilului camei negative.

În această relație R_r este raza rolei tachetului.

Variația unghiului curent γ, pînă la raza R_c care definește punctul de contact cu tachetul, este :

$$\gamma = \text{arc sin}\frac{R_r \cos\delta}{R_c}$$

iar unghiul corespunzător razei R_c calculate a camei va fi :

$$\varphi_c = \varphi_t + \gamma$$

Organigrama programului pentru determinarea profilului camei negative este prezentată în figura 8.

Prin aplicarea acestui sistem de strunjire, s-a obținut o calitate bună a suprafețelor pieselor prelucrate și o precizie superioară, depinzînd mai puțin de rigiditatea mașinii unelte și mai mult de rigiditatea dispozitivului și a sculei. În același timp s-a realizat o creștere a productivității, fiind necesară de această dată utilizarea unor regimuri de așchiere intensive, care contribuie la o funcționare superioară a sistemului, prin menținerea mai bună a contactului dintre piesă și tachet.

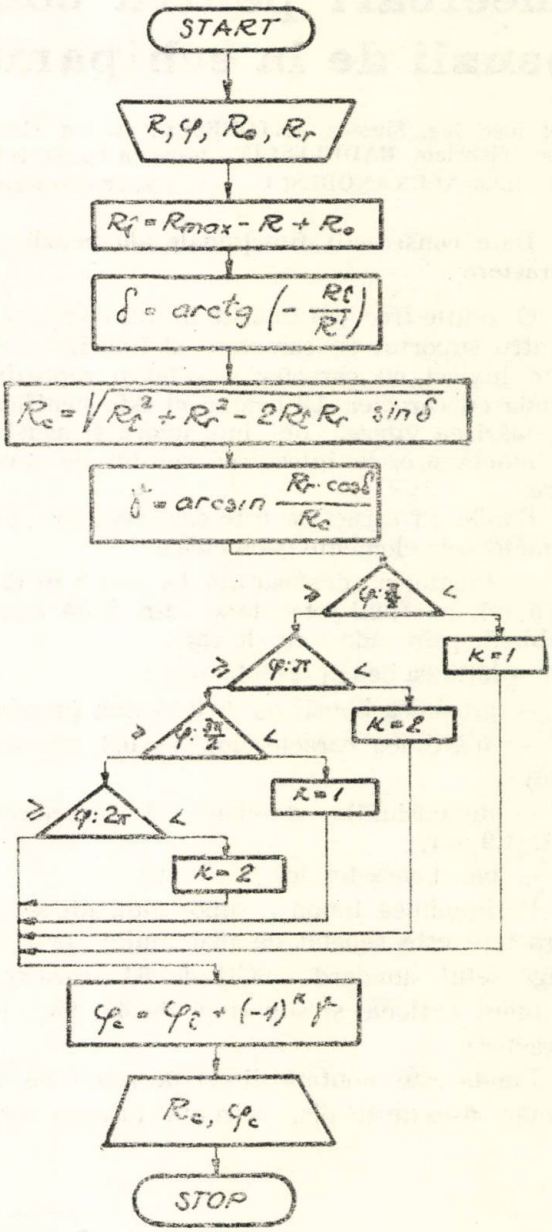


Fig. 8 Organigrama programului pentru determinarea profilului camei negative.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Diaconescu, Gh., Moga, A., Lăzărescu, R., Micu, C., Cosmin, D., Burileanu, C.:* Tehnologia Mecanicii fine, București, Editura Didactică și Pedagogică, 1974.

[2] *Litvin, F.N.:* Necruglîe Zubciatîe colesa, Moskva, Leningrad, Maşghiz, 1956.

[3] *Micu, C.:* Dispozitiv pentru strunjirea suprafețelor necirculare, Brevet OSIM nr. 87733/1985.

CZ: 621-412 : 620.193 : 621.357 : 539.374

Încercări pentru configurarea caracterelor benzii de la echipamentele periferice de calcul

Şef lucr. ing. Simona **ANTONESCU**, as. ing. Georgeta **IONAŞCU**,
stud. Gabriela **RĂDULESCU** — Institutul Politehnic Bucureşti
Ing. Iulia **ALEXANDRESCU** — I.P.E.E. „Electroargeş" Curtea de Argeş

Date constructiv-funcţionale ale benzii cu caractere

O soluţie frecvent folosită în ultima perioadă pentru suportul de caractere al împrimantelor prin impact cu caracter selectat o reprezintă banda cu caracter. Utilizarea ei este justificată de mărirea vitezei de imprimare şi uşurinţa în manevrare, la înlocuirea setului de caractere.

Banda cu caractere este caracterizată prin următoarele elemente geometrice :

— lungimea desfăşurată $L_b = 1{,}5$ m ($2 \times 0{,}75$ m), ea fiind executată din două bucăţi îmbinate prin sudare cap la cap ;

— lăţimea benzii $l_b = 15$ mm ;

— grosimea benzii $g_b = 0{,}15$ mm (maxim);

— înălţimea caracterelor $h = 0{,}2$ mm (minim) ;

— dimensiunile standard ale caracterelor $1{,}6 \times 1{,}9$ mm ;

— pasul caracterelor $p = 3$ mm.

Pe lungimea totală a suportului, un set de caractere este repetat de mai multe ori. Pe lîngă setul standard ASCII de 64 caractere, se oferă opţional şi suporturi de 48, 96, 128 caractere.

Banda este montată direct pe rolele de antrenare aşezate în plan orizontal (asupra uneia din role acţionînd un arc elicoidal de tensionare a benzii) şi se deplasează prin faţa poziţiilor de imprimare, unde se găsesc circuitele acţionate electromagnetic sau electrodinamic.

Alegerea materialului trebuie făcută ţinînd seama de următoarele criterii mai importante :

variaţia redusă în timp a proprietăţilor elastice după tratamentul termic ;

rezistenţă mare la rupere şi la şoc ;

rezistenţă ridicată la coroziune ; sudabilitate bună.

După configurare, caracterele trebuie să prezinte şi o bună rezistenţă la uzură, asigurată funcţie de metoda de obţinerea a benzii.

Materialul adoptat a fost un oţel inoxidabil din categoria oţelurilor martensitice, care au un conţinut de carbon $\sim 0{,}15\%$ de crom (12—14)% (STAS 3583—80).

Procedee de lucru încercate

Avînd în vedere dimensiunile, materialul şi condiţiile de funcţionare impuse benzilor, procedeele posibile pentru configurarea caracterelor (fig. 1) sînt :

1. eroziune chimică ;
2. depunere galvanică ;
3. deformare plastică.

Indiferent de metoda aplicată, semifabricatul este o bandă de lungime determinată L_b şi grosime diferită, funcţie de procedeul adoptat pentru formarea caracterelor.

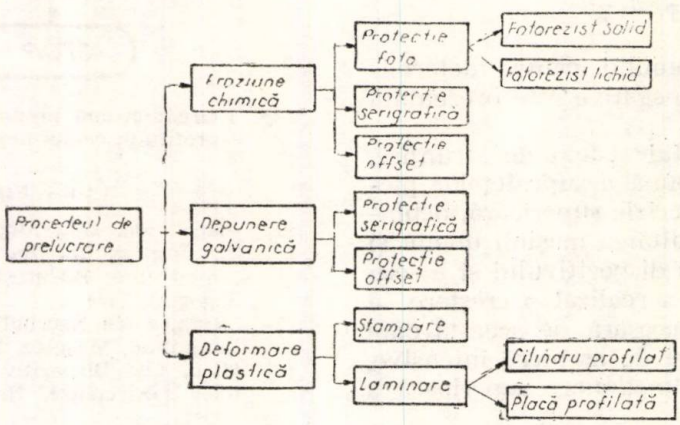


Fig. 1 Procedee pentru configurarea caracterelor benzii de la echipamentele periferice de calcul.

Eroziunea chimică. Procedeul se bazează pe fenomenul corodării, rezultat al reacţiei dintre

materialul piesei şi o substanţă corespunzătoare de atac. Pentru obţinerea unor configuraţii, atacul chimic este selectiv, prin protecţie cu un strat rezistent la substanţa de atac. Procedeul păstrează structura şi flexibilitatea iniţiale ale semifabricatului din care se obţine banda, pretinde o pregătire tehnologică minimă, fiind necesare dispozitive simple, dar precise, pentru aplicarea protecţiei şi pentru corodare şi asigură o flexibilitate maximă a producţiei cu investiţii minime. Dintre metodele cunoscute de protejare a zonelor nesupuse atacului chimic — foto, serigrafică şi offset — a fost folosită protecţia foto utilizînd fotorezist lichid pe bază de alcool polivinilic, mai rezistent decît cel solid la o durată mare de corodare, necesară obţinerii valorii impuse prin temă pentru înălţimea caracterului. Au apărut dificultăţi legate de asigurarea uniformităţii în cadrul operaţiilor de depunere a fotorezistului şi iluminare a acestuia, datorită lungimii mari a semifabricatului. Operaţia de atac chimic a fost realizată, în varianta corodării în trepte, care permite obţinerea înălţimii necesare a caracterelor, avînd în vedere că viteza de coziune a oţelului aliat este mult redusă în comparaţie cu oţelul carbon sau aliajele neferoase. Soluţia corozivă folosită a avut ca principal constituent clorura ferică.

Depunerea galvanică. Procedeul constă din depunerea galvanică selectivă a unui strat de crom dur, după ce piesa a fost protejată cu o vopsea izolatoare prin metoda serigrafică. Procedeul măreşte rezistenţa la uzură a caracterelor, succesul aplicării lui fiind strict condiţionat de operaţiile pregătitoare ale semifabricatului; pretinde o pregătire tehnologică minimă, fiind necesare doar dispozitive de protecţie şi de menţinere în baia de creştere. Rezultatele nu au fost concludente, datorită rezistenţei scăzute a stratului protector la condiţiile de lucru ale băii (compoziţie, densitate de curent, temperatură).

Deformarea plastică. Procedeul putînd fi realizat atît la rece cît şi la cald, se preferă, pentru calitatea obţinută a caracterelor şi a benzii, deformarea la rece. Procedeul asigură continuitatea fibrajului materialului şi durificarea superficală a caracterelor, ambele contribuind la creşterea rezistenţei mecanice şi la uzură a benzii în exploatare. Procedeul prezintă şi o serie de **avantaje economice :**

— folosirea raţională a materialului ;

— folosirea unor utilaje cu productivitate foarte mare şi cu un grad înalt de mecanizare şi automatizare a proceselor de producţie ;

— posibilitatea manevrării acestora de muncitori cu calificare mai scăzută.

Procedeul a fost aplicat în două variante : ştampare şi laminare.

Stamparea constă din formarea unor configuraţii pe suprafaţa piesei, prin modificarea grosimii semifabricatului într-o matriţă avînd o placă şablon gravată mecanic în adîncime şi o placă netedă cu abateri minime de la planeitate, ambele confecţionate din acelaşi material cu duritate şi rezistenţă mecanică mare (C) 120). Au fost executate mai multe încărcări, folosind semifabricate din materiale diferite cu grosimi diferite şi aplicînd progresiv forţa de presare. Procedeul fiind aplicat în stadiul iniţial al cercetărilor, au fost urmărite mai multe obiective :

— stabilirea mărcii de oţel inoxidabil care să răspundă cerinţelor funcţionale ale benzii, dar şi cerinţelor tehnologice legate de capacitatea de deformare a materialului şi parmetrii de lucru pentru operaţiile de tratament termic efectuate ulterior deformării ; stabilirea regimului de lucru pentru operaţia de presare ;

Tabelul 1

Criteriul de apreciere \ Procedeul de prelucrare	Stampare	Laminare	Eroziune chimică	Banda originală
Înălţimea medie a caracterelor, h_{med} [mm]	0,286	0,058	0,208	0,236
Grosimea medie a caracterelor, g_{med} [mm]	0,431	0,818	0,331	0,437
Pasul mediu al caracterelor, p_{med} [mm]	4,009	3,997	3,242	3,332
Toleranţa la înălţime T_h [mm]	±0,08	±0,02	±0,03	±0,025
Toleranţa la grosime, T_g [mm]	±0,13	±0,03	±0,06	±0,05
Toleranţa la pas, T_p şi eroarea cumulată de pas [mm]	±1 0,205	±0,13 0,037	±0,2 0,012	±0,07 0,005
Aspectul marginilor caracterelor	margini rotunjite, cu delimitare fermă a conturului		margini ascuţite uşor neregulate	margini rotunjite

— verificarea geometriei caracterelor gravate pe placa șablon, care, în strînsă legătură cu parametrii menționați să asigure obținerea caracteristicilor benzii cerute prin temă.

Laminarea este o metodă care folosește pentru profilare o placă șablon gravată mecanic și durificată ulterior. Eșantionul de bandă fixat pe placa șablon a fost introdus între cilindrii unui microlaminor, reglați la o distanță reprezentînd suma dintre înălțimea plăcii și grosimea finală a benzii.

Rezultate obținute și concluzii

Criteriile de comparație luate în considerare, la aprecierea rezultatelor obținute, sînt prezentate sintetic în tabelul 1 și în diagramele din figurile 2÷7.

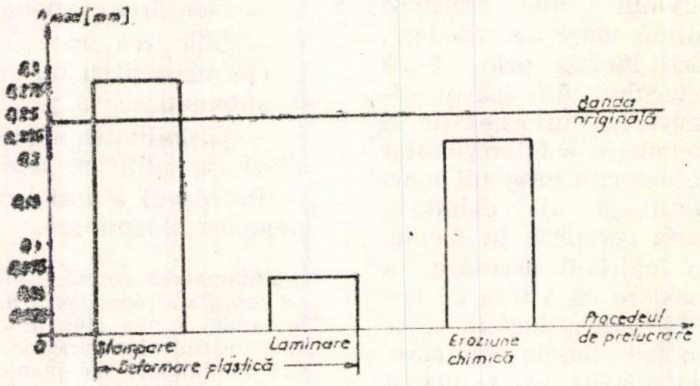


Fig. 2 Înălțimea medie a caracterelor pentru procedeele de lucru încercate.

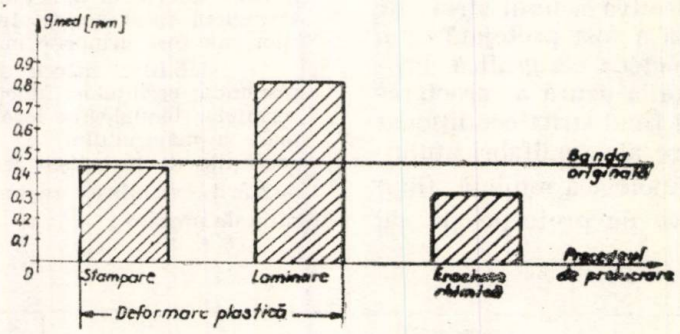


Fig. 3 Grosimea medie a caracterelor.

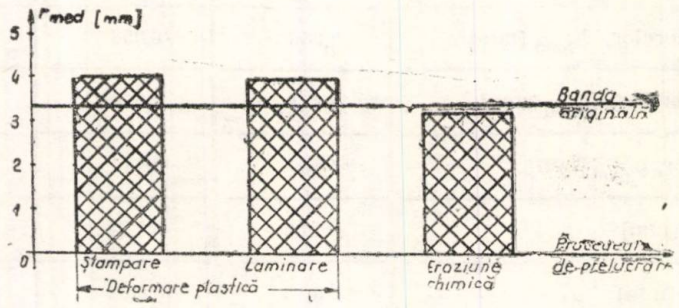


Fig. 4 Pasul mediu al caracterelor.

Cel mai bun rezultat pentru înălțimea caracterelor a fost obținut la prelucrarea prin ștampare. Toleranțele mari la înălțime, grosime și pas s-au datorat deformării plăcii netede a matriței, confecționate dintr-un material cu duritate mai scăzută decît a plăcii șablon; variații mari ar putea să apară și în cazul alegerii corecte a plăcii netede și prelucrării ei cu abateri minime de la planeitate, ca urmare a distribuirii neuniforme a forței de presare pe întreaga lungime a semifabricatului.

La prelucrarea prin laminare, înălțimea medie a caracterelor este nesatisfăcătoare, rezultat datorat în primul rînd forței insuficiente obținute pentru deformarea materialului benzii.

Eșantionul de bandă nu a fost fixat astfel încît să realizeze un contact perfect cu placa șablon, ceea ce a făcut ca o parte din forța necesară imprimării să se consume pentru îndreptarea benzii și să apară variații de înălțime, grosime și pas. Dar abaterile minime înregistrate și apropiate de cele ale benzii originale au condus la concluzia perseverării în perfecționarea procedeului, în sensul măririi forței de presare, reducerii componentei de alunecare și ghidării precise a semifabricatului.

La prelucrarea prin eroziune chmică, înălțimea medie a caracterelor corespunde la limită cerințelor temei. Deși a fost folosită metoda corodării în trepte, fenomenul de atac lateral nu a puut fi evitat complet,

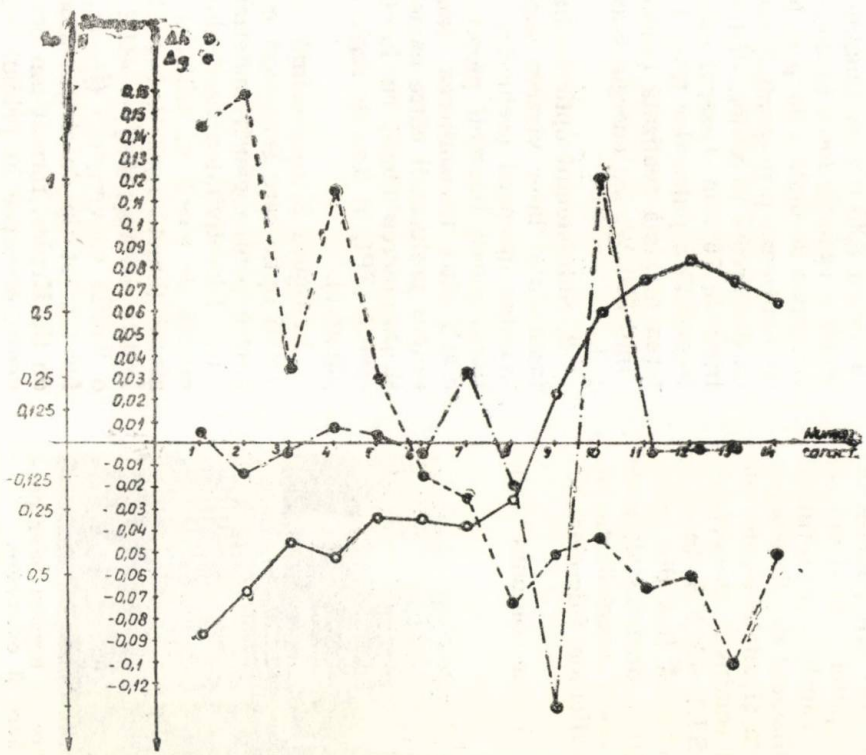


Fig. 5 Variația înălțimii, grosimii și pasului caracterelor la ștampare.

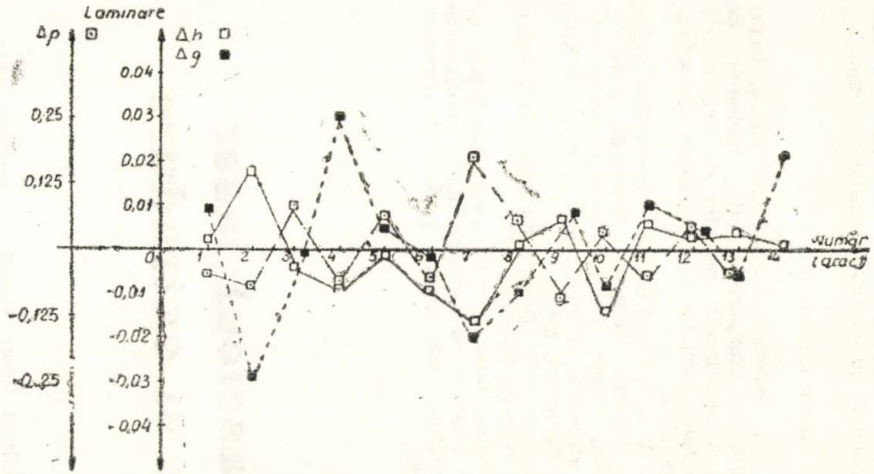


Fig. 6 Variația înălțimii, grosimii și pasului caracterelor la laminare.

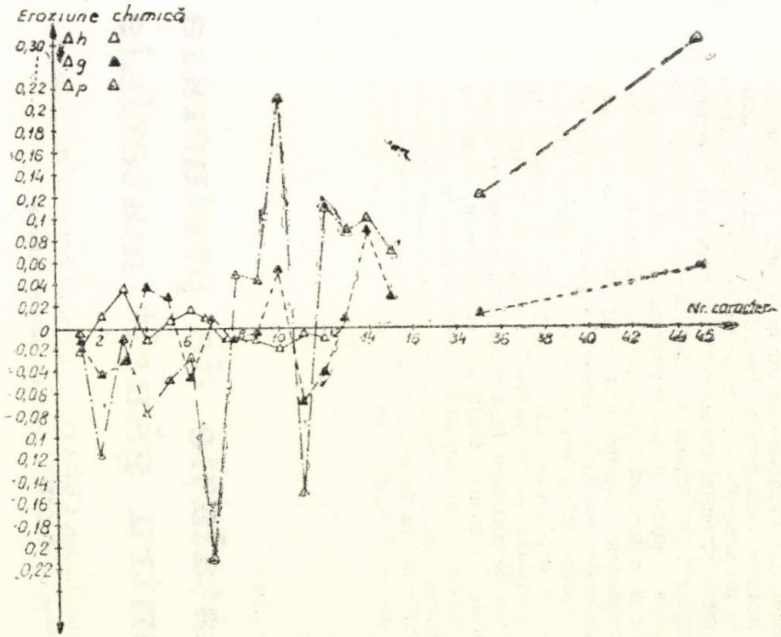


Fig. 7 Variația înălțimii, grosimii și pasului caracterelor la prelucrarea prin eroziune chimică.

ceea ce a condus la o grosime medie a caracterelor mai mică, față de banda originală. Diferența, însă, poate fi corectată prin mărirea corespunzătoare a dimensiunilor caracterelor de pe clișeu în raport cu dimensiunile caracterelor benzii. Variațiile de înălțime și grosime ale caractelor se explică prin neuniformitatea stratului fotosensibil, a expunerii acestuia și corodării, ca urmare a dificultăților introduse de lungimea mare a semifabricatului. Abaterile mari de pas se datorează impreciziei la realizarea clișeului. Performanțele obținute sînt comparabile cu ale benzii originale, excepție făcînd aspectul marginilor, care ascuțite fiind pot să producă ruperea benzii tușate în exploatare. Ele ar putea fi corectate printr-o „corodare de rotunjire:" realizată la sfîrșitul operației de corodare, fără protejarea piesei, cu inconvenientul reducerii înălțimii caracterelor. Aspectul ușor neregulat al marginilor caracterelor se datorează protecțiilor intermediare de la corodare în trepte. O dată stabilite tehnologia și regimul de lucru, procedeul poate fi aplicat cu rezultate bune, cu condiția respectării stricte a disciplinei tehnologice și a folosirii unui personal cu calificare medie sau înaltă.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Demian, T., Antonescu, Simona, Ionașcu, Georgeta, Nițu, C.:* Comparație între metodele de realizare a caracterelor benzilor de imprimantă, al V-lea Simpozion de roboți industriali, octombrie, 1985, I.P.B.

[2] *Smirnov, V.S., ș.a.:* Laminarea periodică longitudinală, Editura Tehnică, București, 1964.

[3] *Hecht, Gh., Irimie, I.:* Îndrumător pentru tehnologia ștanțării și matrițării la rece. Editura Tehnică, București, 1981.

[4] *Constantinescu, M.:* Tehnologia cromării pieselor metalice. Editura Tehnică, 1977.

[4] *Alexandrescu, Iulia:* Proiectarea tehnologiei de realizare a benzii cu caractere de la echipamentele periferice de calcul, proiect de diplomă, I.P.B., 1986.

CZ : 621.375.9

Instalație de prelucrare cu fascicul laser pentru găurit materiale dure și extradure

Dr. ing. Eugen **CURATU** — Institutul Politehnic București
Ing. Marcel **SUCIU** — I.C.S.I.T.-M.F.S. București

Realizarea unei instalații de prelucrat cu fascicul laser s-a impus ca urmare a necesităților tehnologice specifice, atît din punctul de vedere al parametrilor de putere, cît și din cel dimensional, al preciziei : găurirea și profilarea orificiilor filierelor din diamant de dimensiuni mici. Aceste necesități, ca și altele legate de modul de exploatare, au condus la proiectarea și execuția în cadrul I.C.S.I.T.—M.F.S., în colaborare cu catedra de Mecanică fină din Institutul Politehnic București, a unei instalații de prelucrare cu fascicul laser, specializată în găurirea și profilarea orificiilor filierelor din diamant.

Instalația laser (fig. 1) este compusă din șapte subsisteme :

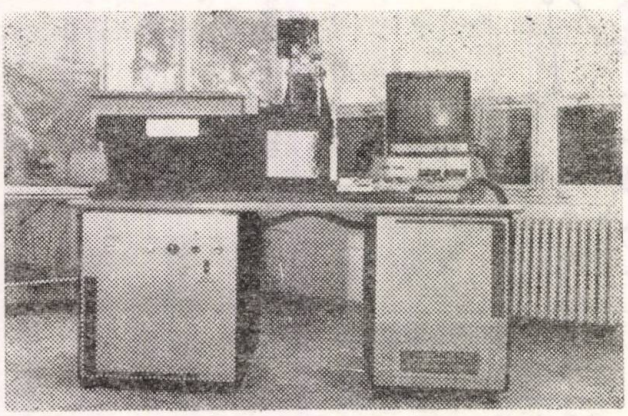


Fig. 1 Instalația de prelucrare cu fascicul laser pentru găurit materiale dure și extradure.

1. **Subsistem laser** avînd un mediu activ o bară din granat (YAG) dopată cu neodim, de diametru 8,35 mm și lungimea 84,55 mm, care emite o radiație laser în domeniul infraroșu cu lungimea de undă 1,06 μm. Inversia populației se realizează prin pompaj optic cu tub flash cu descărcare în xenon, distanța între electrozi fiind de 76 mm. Laserul este pulsat, gama de frecvență a pulsurilor fiind 1, 2, 5, 10 Hz. Puterea maximă realizată (măsurată) este de ordinul 500 W, iar energia maximă pe puls de 1 J.

2. **Subsistemul optic** realizează : focalizarea fasciculului laser vizarea suprafeței de lucru înaintea începerii prelucrării cu fascicul laser, transmiterea imaginii piesei în timpul prelucrării către transmiterea imaginii piesei în timpul prelucrării către camera TVCI, precum și iluminarea piesei cu lumină vizibilă incoerentă (EPI, în faza de reglare și pînă la străpungere).

În figura 2, se prezintă schema subsistemului optic care echipează instalația laser de putere pentru găurit materiale dure și extradure. Directivitatea fasciculului laser a fost mărită de $\gamma \simeq 2$ x, utilizînd un sistem optic afocal (lunetă așezată invers) compus dintr-o lentilă divergentă (f_1=—41,2 mm), urmată de o lentilă convergentă (f_2=98,9 mm). S-a preferat acest tip de sistem afocal (Galilei) celui de tip Kepler, format din două lentile convergente, deoarece în primul caz focarul comun

este virtual, aceasta eliminînd necesitatea plasării unui filtru spațial pin — hole, care să elimine efectele nedorite provocate de difracția fasciculului laser.

Focalizarea fasciculului laser este realizată de un obiectiv (dublet nelipit), format dintr-un menisc convergent și o lentilă biconvexă, cu aberația de sfericitate practic eliminată pentru radiația laser transmisă. Distanța focală a obiectivului (38 mm) împreună cu mărirea unghiulară a sistemului afocal și directivitatea fasciculului laser determină una din caracteristicile cele mai importante ale instalației : diametrul minim al orificiului filierei, care poate fi realizat. Considerînd propagarea fasciculului laser în lungul unei axe Oz perpendiculară pe oglinzile cavității rezonante, iar Δy diametrul secțiunii fasciculului laser reprezentînd întinderea de coerență (coerența spațială), conform relației de incertitudine a lui Heisenberg rezultă :

$$\Delta y \cdot \Delta P_y \geq h/2.$$

Dar cum impulsul $\vec{p}$ este paralel cu axa Oz, atunci :

$P_z \simeq p = hk = 2\pi h/\lambda$. Unghiul σ între $\vec{p}$ și axa Oz este, așadar, nul, cu o incertitudine :

$$\Delta\sigma = \frac{\Delta P_y}{P_z} \geq \frac{\lambda}{4\pi \cdot \Delta y} \rightarrow \Delta\sigma \simeq \frac{\lambda}{\Delta y}$$

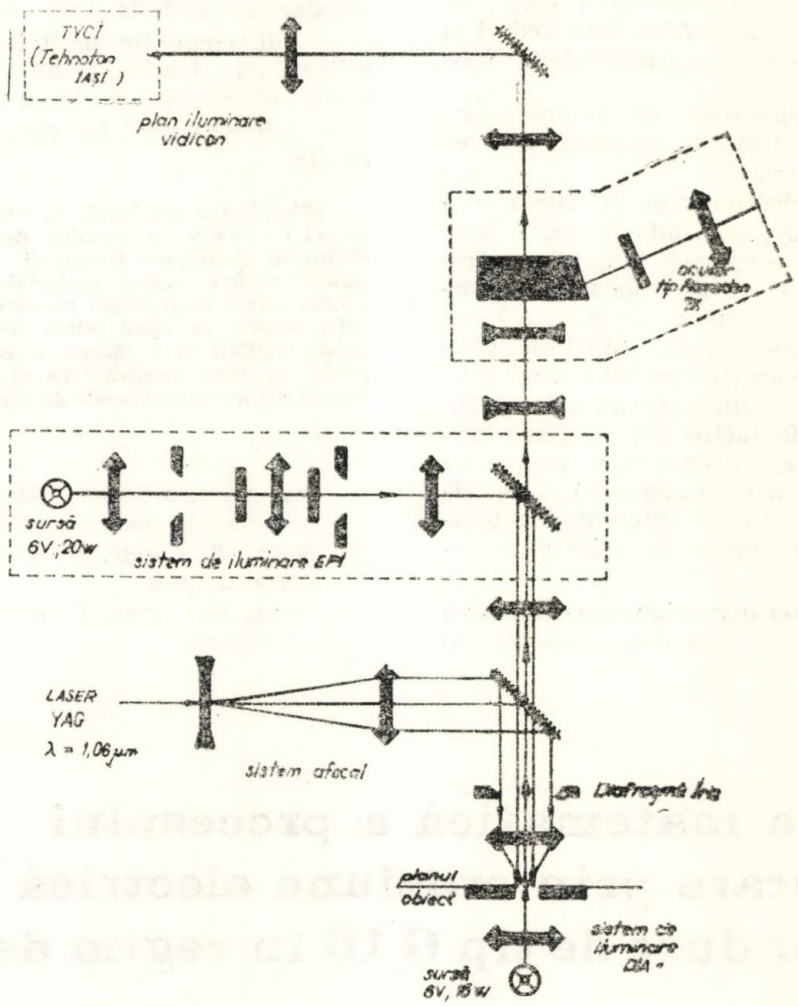


Fig. 2 Schema sistemului optic care echipează instalația laser de putere.

Ținînd seama de directivitatea realizată, de mărirea unghiulară a sistemului afocal și de distanța focală a obiectivului, rezultă diametrul „geometric" al petei de focalizare a fasciculului laser, dat de relația :

$$d = f_{OB} \cdot \frac{\Delta\sigma}{\gamma} \simeq 30\ \mu m$$

Sistemul optic de vizare este un microscop cu tub infinit, obiectivul sistemului de focalizare a fasciculului laser constituind și obiectiv de vizare.

În vederea asigurării iluminării EPI prin obiectiv, precum și a comutării imaginii piesei către ocular (pentru reglare) și către camera sistemului TVCI (pentru urmărirea procesului tehnologic), s-au utilizat corpul microscopului și dispozitivul de microfotografiere, produse de I.O.R. — București.

3. Subsistemul TVCI asigură urmărirea procesului tehnologic de găurire cu fascicul laser. Mărirea transversală totală (imaginea de pe ecran dimensiunea obiectivului) este de 100 : 1. S-a utilizat o cameră de luat vederi și un monitor din producția Intreprinderii Tehnoton — Iași.

4. Subsistemul electronic de putere realizează profilurile curenților și tensiunilor necesare funcționării laserului.

5. Subsistemul electronic de comandă realizează prin hardware, comanda în regim normal a laserului ; de asemenea asigură urmărirea funcționării în clasa de siguranță prevăzută. Subsistemul electronic de comandă are incorporat un calculator tip ECAROM 881 produs de F.E.A. — București, care realizează prin software comanda în regim automat a laserului.

6. Subsistemul de răcire are ca agent termic apă dedurificată, antrenat de o pompă cu palete cu cuplaj inductiv (magnetic) care asigură un debit de 10 l/min. Diferența de temperatură a agentului termic la ieșire și la intrare Δt=20°C.

7. Subsistemul mecanic asigură poziționarea X, Y, Z cu precizie de 0,01 mm, precum și rotirea piesei în timpul prelucrării printr-un angrenaj cu roți de fricțiune.

Caracteristicile tehnice generale ale instalației laser :

— asigură posibilitatea prelucrării, prin găurire cu fascicul laser, a oricărui tip de material dur și extradur cu orificii profilate, conform programelor corespunzătoare. În cadrul I.M.F. — București, instalația realizată este utilizată în mod curent la găurirea filierelor din diamant sintetic și natural;

— dimensiunile posibile ale găurilor prelucrate cu fascicul laser : diametrul 0,05—6 mm, adîncimea 0,5—3mm ;

— alimentarea : la rețeaua electrică 380 V, 50 Hz.

Eficacitatea realizării, în cadrul colectivului mixt I.C.S.I.T.—M.F.S. și catedra de Mecanică fină din Institutul Politehnic București, a instalației laser de putere pentru găurit materiale dure și extradure constă într-o importantă reducere a importului, efectul economic constînd într-o creștere substanțială a productivității și o lărgire a gamei de filiere realizabile în țara noastră, ca și implementarea unei tehnologii neconvenționale de vîrf.

[1] *Popescu, I., M., ș.a.* : Aplicații ale laserilor, Editura Tehnică, București, 1979.

[2] *Moisil, B., Curatu, E.* : Optica, Editura Tehnică, București, 1986.

[3] *Sucitu, M., Curatu, E.*: Brevete, R.S.R. nr. 118577 —118583/1985.

CZ : 541.13

Modelarea matematică a procesului de prelucrare prin eroziune electrică a aliajelor dure de tip G 10 în regim de finisare

Șef lucr. dr. ing. Emil **DRAGOMIR** — Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara

Procesul de prelucrare prin eroziune electrică este un sistem complex de acțiune, format dintr-un număr foarte mare de factori și parametri legați între ei prin relații de interdependență, care dirijează transformările tehnologice [1]. Mărimile de intrare în sistem (variabilele independente), care prezintă interes pentru operator, sînt reprezentate de parametrii reglabili ai utilajului de prelucrare, așa numitul regim de lucru, iar caractersticile tehnologice urmărite reprezintă funcțiile de răspuns ale sistemului (variabilele dependente).

Datorită combinațiilor multiple dintre factori, legătura dintre parametrii reglabili ai procesului și caracteristicile tehnologice, este o legătură statistică numită și legătură de corelație. Pentru caracterizarea acestei legături este necesar să se rezolve următoarele probleme :

— să se găsească o funcție matematică, pe baza analizei de regresie, care să determine forma legăturii ;

— să se caracterizeze prin analiza de corelație în ce măsură funcția matematică găsită, numită model matematic al procesului, a reușit să descrie comportarea sistemului.

Pentru a evidenția efectul influenței parametrilor procesului de prelucrare asupra caracteristicilor tehnologice, s-a adoptat un sistem

de experimentare programat statistic — **metoda experimentului factorial**. Această metodă cuprinde numai experiențele strict necesare pentru obținerea informațiilor dorite și face posibilă estimarea efectelor factorilor și a interacțiunii dintre ei, respectiv formularea ecuațiilor care descriu această funcție sub forma unui polinom.

În prezenta lucrare s-a adoptat un program factorial complet cu două nivele și un număr de 2^3 experiențe. Exponentul 3 reprezintă numărul de variabile independente luate în considerare.

În cercetări preliminare, s-a stabilit ordinea ponderii de influență a variabilelor independente asupra funcțiilor de răspuns, în cazul prelucrării aliajelor dure din grupa de utilizare G cu electrozi din cupru [1, 2]. Pe această bază, s-au putut alege principalii trei parametri reglabili cu ponderea cea mai mare asupra funcțiilor de răspuns considerate și nivelele corespunzătoare (tab. 1).

Tabelul 1

NIVELELE VARIABILELOR	Simbol	$X_1[\mu s]$	$X_2[\mu s]$	$X_3[A]$
Nivel de bază	Xt_0	3,25	10	9,375
Interval de variație	ΔX_t	1,50	4	6,25
Nivel superior	+ 1	2,50	12	12,50
Nivel inferior	— 1	4,00	8	6,25

Variabilele indepenedente considerate sînt : durata pauzei (X_1) durata impulsului (X_2) și curentul mediu al descărcării (X_3).

Drept piese de prelucrat, s-au utilizat plăcuțe din aliaj dur de tipul G 10 (6 % Co, 94 % C W), cu formă pătrată, cu latura de 20 mm și grosimea de 10 mm. Electrozii au fost din cupru electrolitic de formă cilindrică avînd diametrul exterior de $15 \pm 0{,}1$ mm și diametrul alezajului interior de $3 \pm 0{,}1$ mm. Prelucrarea s-a executat pe o mașină de eroziune de tip ELER — 01, echipată cu un generator de impulsuri de tip GEP — 50 F. Lichidul dielectric utilizat a fost motorină de iarnă — 15 A STAS 240—66.

Ceilalți parametri reglabili au fost menținuți la nivele constante, conform datelor obținute din experiențele preliminare [1]. Astfel, s-a menținut o legare anodică a electrozilor și o presiune de spălare a interstițiului tehnologic de 0,1 bar.

Durata unei experiențe a fost de 15 minute, fiecare experiență fiind replicată de trei ori.

Masele înainte și după prelucrare au fost determinate pe o balanță analitică cu o precizie de 0,0001 g. Calitatea suprafeței prelucrate s-a apreciat prin criteriul de rugozitate R_a (abaterea medie aritmetică a profilului). Măsurările s-au efectuat cu un profilograf — profilometru model 252, în trei zone diferite ale probelor, fiecare repetîndu-se de cinci ori. Pasul de tăiere a fost fixat la 0,8 mm.

În vederea realizării tuturor combinațiilor posibile ale variabilelor independente și nivelelor, s-a alcătuit o matrice experimentală cu valori codificate (tab. 2).

Valorile reale ale variabilelor independente s-au transformat în valori codificate care permit exprimarea fiecărui interval de sondaj între limitele —1 și +1. Simbolul utilizat indică variabilele menținute la nivelul superior în experiența considerată.

Pentru fiecare experiență s-au calculat valorile funcțiilor de răspuns caracteristice : productivitatea prelucrării — Q_p [mm³/min], rugozitatea suprafeței prelucrate — R_a [μm], uzura electrodului — Q_E [mm³/min,] și coeficientul de uzură relativă volumică — γ [%]. Pe baza valorilor obținute s-a calculat media aritmetică a rezultatelor celor (n) replici pentru experimentul (e) considerat :

$$\bar{y}_e = \left(\sum_{r=1}^{n} y_{er} \right) \Big/ n, \qquad (1)$$

Tabelul 2

Nr. exp.	X_0	X_1	X_2	$-X_3$	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	Simbol	Funcția de răspuns
1.	+1	—1	—1	—1	+1	+1	+1	—1	(1)	Y_1
2.	+1	+1	—1	—1	—1	—1	+1	+1	a	Y_2
3.	+1	—1	+1	—1	—1	+1	—1	+1	b	Y_3
4.	+1	+1	+1	—1	+1	—1	—1	—1	ab	Y_4
5.	+1	—1	—1	+1	+1	—1	—1	+1	c	Y_5
6.	+1	+1	—1	+1	—1	+1	—1	—1	ac	Y_6
7.	+1	—1	+1	+1	—1	—1	+1	—1	bc	Y_7
8.	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	abc	Y_8

Tabelul 3

Nr. exp.	Q_p [mm³/min]		R_a [μm]		Q_E [mm³/min]		Υ [%]	
	$\bar{y}_e$	s^2_{ye}	$\bar{y}_e$	s^2_{ye}	$\bar{y}_e$	s^2_{ye}	$\bar{y}_e$	s^2_{ye}
1.	0,8183	0,0284	1,39	9,0012	0,6145	0,0056	75,9603	46,5034
2.	0,7228	0,0622	1,31	0,0031	0,5034	0,0423	68,7725	115,9050
3.	1,0105	0,0005	1,45	0,0005	0,6085	0,0024	60,2513	28,2280
4.	0,7853	0,1392*	1,45	0,0006	0,4794	0,0501	61,0177	3,0624
5.	2,9176	0,0164	2,29	0,0097	3,4173	0,0801	117,3655	145,7971
6.	2,9652	0,0182	2,19	0,0037	3,2664	0,1106*	109,9799	45,0505
7.	3,6994	0,1121	2,28	0,0165	2,9693	0,0449	81,0287	160,6168*
8.	3,1976	0,0000	2,18	0,0208*	2,8372	0,0589	88,7349	59,0403
$\sum_{e=1}^{N} s^2_{ye}$		0,3770		0,0561		0,3949		604,4035
G_e		0,3692		0,3708		0,2801		0,2621
s^2_y		0,0471		0,0070		0,0494		75,5504

unde :

$r = 1 \ldots n$ este numărul de replici ale fiecărui experiment ;

$e = 1 \ldots N$ este numărul de experienţe;

y_{er} este rezultatul replicii r din experimentul e.

Acceptîndu-se aprioric o repartiţie normală a rezultatelor, s-a calculat dispersia funcţiilor de răspuns cu relaţia :

$$s^2_{ye} = \left(\sum_{r=1}^{n} (y_{er} - \bar{y})^2 \right) \Big/ n - 1 \qquad (2)$$

Rezultatele obţinute se prezintă în tabelul 3.

În vederea testării datelor experimentale s-a verificat omogenitatea dispersiilor cu criteriul Cohran :

$$G_C = (s^2_{ye})_{\max} \Big/ \sum_{e=1}^{N} s^2_{ye}$$

unde : $(s^2_{ye})_{\max}$ reprezintă valoarea maximă din şirul de dispersii calculate (marcate cu semnul *, tab. 3).

Dispersiile se consideră omogene atunci cînd este îndeplinită condiţia :

$$G_C = (G_T(m_1 ; m_2 ; \alpha) \qquad (4)$$

unde $G_T(m_1 ; m_2 ; \alpha)$ reprezintă valoarea tabulată, care pentru cazul considerat avînd $m_1 = N = 8$ şi $m_2 = n - 1 = 2$ grade de libertate şi pragul de semnificaţie $\alpha = 0{,}05$ are valoarea $G_T(8; 2; 0{,}05) = 0{,}5157$.

Din analiza rezultatelor experimentale, rezultă că toate dispersiile calculate sînt omogene, datele experimentale fiind corecte.

Pentru exprimarea dependenţei dintre două sau mai multe variabile, cu ajutorul unei funcţii matematice, se foloseşte analiza de regresie. Modelul matematic al unui proces reprezintă o relaţie funcţională între funcţia de răspuns şi variabilele independente. Pentru experimentul factorial complet 2^3, ecuaţia regresiei multiple liniare are forma generală :

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 \qquad (5)$$

Estimaţiile coeficienţilor de regresie pentru ecuaţia (5) se pot calcula prin metoda celor mai mici pătrate. Întrucît experimentul factorial beneficiază de proprietatea de ortogonalitate, coeficienţii modelului se pot estima independent, prin aplicarea expresiilor de calcul rezultate din utilizarea coloanelor matricei experimentale (tab. 2).

Coeficienţii de regresie calculaţi se consideră semnificativi, atunci cînd în valoare absolută depăşesc o valoare critică de semnificaţie b_T.

$$|b_i| \geq b_T = t(\alpha ; f_2)\, s_{bi} \qquad (6)$$

unde t $(\alpha ; f_2)$ este valoarea tabulată a unei variabile aleatoare, cu distribuţie de repartiţie cunoscută, distribuţia Student care pentru pragul de semnificaţie $\alpha = 0{,}05$ şi $f_2 = N\ (n-1)$

= 16 grade de libertate are valoarea t (0,05; 16)=2,120, iar s_{bi} este abaterea standard a estimațiilor coeficienților de regresie.

În urma testelor aplicate și eliminarea coeficienților nesemnificativi, s-au obținut următoarele modele matematice pentru prelucrarea prin eroziune electrică a aliajelor dure de tip G 10 în regim de finisare, funcție de caracteristicile tehnologice urmărite :

$$Y_{QP} = 2{,}0146 + 0{,}1586\, x_2 + 1{,}1804\, x_3 + 0{,}0949\, x_2x_3 \quad (7)$$

$$Y_{QE} = 1{,}8370 - 0{,}1134\, x_2 + 1{,}2856\, x_3 - 0{,}1059\, x_2x_3 \quad (8)$$

$$Y_{Ra} = 1{,}8175 + 0{,}4175\, x_3 \quad (9)$$

$$Y = 82{,}8889 - 10{,}1307\, x_2 + 16{,}3884\, x_3 - 4{,}2648\, x_2x_3 \quad (10)$$

Verificarea adecvanței modelelor se face pe baza testului F (Fischer-Snedecor), prin care se stabilește dacă diferența observată între dispersii este reală sau întîmplătoare. Modelul matematic se consideră adecvat dacă este îndeplinită condiția :

$$F_C \leq F_T(\alpha\,;\, f_1\,;\, f_2) \quad (11)$$

unde :

F_C este valoarea calculată a testului F;

F_T (α; f_1; f_2) este valoarea tabulată determinată în funcție de gradul de semnificație (α) și gradele de libertate (f_1) și (f_2).

În urma testului aplicat, s-a constatat că toate modelele sînt adecvate.

Pe baza modelelor matematice, se pot trage concluzii generale privind interacțiunea dintre variabilele independente și funcția de răspuns considerată.

Coeficienții de regresie indică gradul de influență al variabilei considerate asupra funcției de răspuns, atunci cînd variabila crește de la nivelul inferior la nivelul superior.

Semnul algebric al coeficienților indică felul interacțiunii dintre variabila considerată și funcția de răspuns, dacă variația este direct sau invers proporțională.

Pe baza modelelor matematice, se pot determina ecuațiile necesare trasării grafice a interacțiunii dintre funcția de răspuns și variabila independentă considerată.

Modelele matematice deduse stau la baza stabilirii unei zone de lucru de maximizare sau minimizare a funcțiilor de răspuns. În acest scop, pe baza relațiilor (7, 8, 9, 10), se determină dreptele de regresie care să delimiteze zona de optim a prelucrării.

În modelele matematice determinate, au fost semnificative variabilele independente notate cu x_2 și/sau x_3 și, după caz, interacțiunea dintre ele. În centrul experimentului, la nivelul de bază al variabilelor independente (în valori codificate $x_2 = 0$; $x_3 = 0$), valoarea funcției de răspuns este dată de valoarea coeficientului termenului liber (b_0).

Considerînd una dintre variabile constantă la nivelul de bază, se poate determina valoarea funcției de răspuns pentru cele două nivele considerate ale celeilalte variabile introducînd valorile codificate (+1) sau (—1). Coordonatele punctelor astfel obținute stau la baza calculului coeficientului unghiular (m) și ordonatei în origine (y_0) a dreptei de regresie de forma :

$$y(x) = y_0 + mx \quad (12)$$

Pentru determinarea dreptelor de regresie, în cazul interacțiunii dintre variabile, se calculează valoarea funcției de răspuns pentru variabile considerată la nivelul superior și inferior al acesteia, cealaltă varabilă fiind parametru la nivelul superior sau inferior. În acest mod se pot determina cîte două ecuații de regresie pentru fiecare variabilă.

În vederea discutării complete a rezultatelor obținute, s-au considerat după caz și variabilele și interacțiunile care din punct de vedere statistic nu au fost semnificative.

Pe baza metodei prezentate, s-au determinat pentru cazul prelucrării aliajului dur de tip G 10 în regim de finisare și cele patru funcții de răspuns considerate un număr de 24 ecuații de regresie.

Cu ajutorul ecuațiilor astfel determinate, s-au trasat dreptele de regresie care delimitează domeniul optim în care funcția de răspuns are, după caz, valoarea maximă sau minimă (fig. 1).

Pentru fiecare funcție de răspuns, domeniul este limitat superior și inferior de cele două drepte de regresie, determinate de interacțiunea variabilelor, variabila parametru fiind menținută la nivelul superior, respectiv, inferior. Dreapta cuprinsă în interiorul domeniului a fost determinată pentru cazul cînd variabila parametru a fost menținută la nivelul de bază.

Din analiza graficelor trasate, se pot trage concluzii privind prelucrabilitatea aliajelor dure de tip G 10 în regim de finisare.

Graficele au fost trasate pentru intervalele de variație a parametrilor în care s-au obținut valori extreme pentru caractersticile tehnologice urmărite. În aceeași idee s-au stabilit și parametrii de lucru menținuți constanți în timpul prelucrării.

Modelele matematice elaborate au permis investigarea procesului de prelucrare prin eroziune electrică a aliajelor dure de tip G 10 în regim de finisare. Pe de altă parte, cu aceste relații, tehnologul

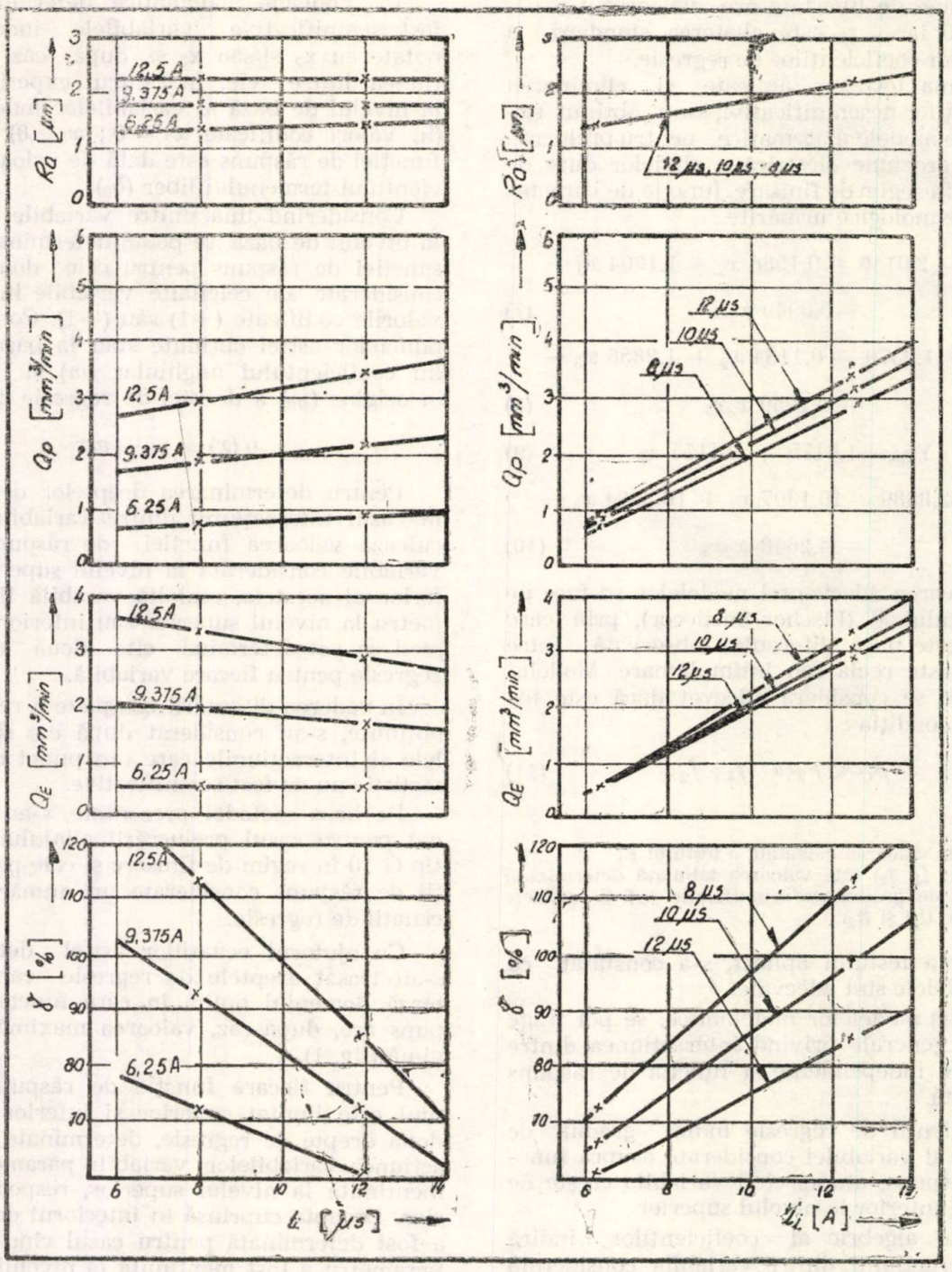


Fig. 1

poate calcula aprioric valoarea funcției de răspuns dorite, pentru variabilele independente din domeniul analizat și variabila parametru dată.

Pornind de la problema de prelucrare dată în funcția de răspuns urmărită, tehnologul sau operatorul poate alege operativ, din graficele trasate, regimul de prelucrare optim.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Dragomir, E.*: „Contribuții la tehnologia de prelucrare prin eroziune electrică a produselor din carburi metalice", Teză de doctorat, Institutul Politehnic „Traian Vuia", Timișoara, 1985.

[2] *Dragomir, E.*: „Analiza parametrilor de influență asupra productivității prelucrării prin eroziune electrică a aliajelor dure din grupa de utilizare G prin metoda bilanțului aleator", A V-a Conferință de procese și utilaje de prelucrare la rece, Timișoara, 1986.

[3] *Tiron, M.*: „Prelucrarea statistică și informațională a datelor de măsurare", Editura tehnică, București, 1976.

CZ : 621.753 : 681

Tipologia bazelor și a sistemelor de baze, în proiectarea dispozitivelor pentru prelucrări pe mașini-unelte

Conf. univ. dr. ing. Aurel **BRĂGARU** — Institutul Politehnic București

În articolul [1] s-a acreditat și justificat ideea că oricare parte a piesei semifabricate (PSF) care se prelucrează în dispozitiv pe o mașină-unealtă, cu o sculă reglată la cotă, poate fi considerată ca un sistem de elemente arhitecturale (elemente geometrice de tipul suprafețelor, curbelor și punctelor într-o structură arhitecturală).

De remarcat faptul că în procesul orientării PSF în DOF$_{PSF}$ (dispozitivul de orientare și fixare a PSF) participă în CUPLU ARHITECTURAL două subsisteme organologice ale SISTEMULUI TEHNOLOGIC PSF și DOF.

Considerînd DOF ca un ansamblu arhitectural format din grupe organologice [2], vom adînci ideea cuplului arhitectural la nivelul

Tabelul 1

Nr. crt.	Tipologia suprafețelor	Elemente definitorii pentru forme și dimensiuni	Elemente definitorii pentru poziția relativă
1.	PLANĂ — continuă — discontinuă — inelară — interioară — exterioară	— Laturi, unghiuri — Diametre exterioare, interioare — Arce de curbă	Planul care conține respectiva suprafață reală a piesei PLAN
2.	CILINDRICĂ — exterioară — interioară — lungă — scurtă	— Diametre exterioare — Diametre interioare — Lungimi, înălțimi	Axa suprafeței cilindrice reale a piesei DREAPTA
3.	CONICĂ — exterioară — interioară — lungă — scurtă	— Diametru mare — Diametru mic — Lungimea (distanța) între secțiunile ce conțin cele două diametre — Unghiul de înclinare — Unghiul de înclinare α — Conicitatea K	Axa suprafeței conice reale a piesei DREAPTA
4.	SFERICĂ — exterioară — interioară	— Diametre — Reazeme	Centrul sferei PUNCT
5.	CANELATĂ — exterioară — interioară — lungă — scurtă — cilindrică — conică	— Diametre exterioare, interioare — Secțiuni de caneluri — Număr de caneluri — Forma profilului	Axa suprafeței canelate DREAPTA
6.	FILETATĂ — exterioară — interioară — lungă — scurtă — cilindrică — conică	— Diametre exterioare, interioare, muchii — Pasul filetului — Unghiul α — Forma profilului	Axa suprafeței filetate DREAPTA

PSF—R (reazeme). Dar oricare reazem considerat separat reprezintă un corp care ca și PSF este constituit din elemente arhitecturale (a se vedea construcția reazemelor de tip CEP, PLĂCUȚĂ, PRISMĂ, CON, BOLȚ etc.).

După cum se subliniază în lucrarea [3], generarea unei suprafețe la o PSF pe o mașină-unealtă cu o sculă așchietoare, poate fi considerată ca avînd loc prin deplasarea unei scule generatoare în lungul unei curbe directoare, implicînd astfel necesitatea unei mișcări relative între cele două curbe.

Deoarece poziția PSF, în raport cu mașina-unealtă [2], depinde de poziția relativă a PSF în raport cu dispozitivul DOF instalat pe mașina-unealtă, rezultă că în cuplul arhitectural PSF—R_{DOF} trebuie să se definească precis poziția relativă a elementelor arhitecturale aparținînd atît PSF cît și reazemului (R).

În tabelul 1 sînt prezentate elementele definitorii ale suprafețelor cu cea mai mare frecvență în arhitectura PSF sau a R, făcînd distincție între elementele definitorii pentru forma și dimensiunile suprafețelor respective și elementele definitorii pentru poziția relativă a acestor suprafețe în cuplul arhitectural (PSF—R). Prin conceptul de BAZE, definim elementele arhitecturale de tip PLAN (Γ), DREAPTA (Δ) și PUNCT (P) (fig. 1), în raport cu care localizăm și definim oricare element arhitectural ce aparține PSF sau R. Sistemul de BAZE (SB) reprezintă o mulțime de baze față de care localizăm și definim elemente arhitecturale.

Baze și sisteme de baze asociate PSF

În sens sistemic, ahitectural, PSF (fig. 2) reprezintă o reuniune de două clase de elemente arhitecturale. Clasa „A" cuprinde submulțimea suprafețelor reale (SR_i) care determină forma și dimensiunile piesei semifabricate (PSF), submulțimea muchiilor reale (MR_j), ca intersecții ale suprafețelor reale, și submulțimea vîrfurilor reale (VR_k) apărute prin intersecția de muchii reale. Clasa „B" cuprinde submulțimea planelor, reale sau fictive ($\Gamma_R(F)_l$), submulțimea dreptelor reale sau fictive ($\Delta_R(F)_j$) și submulțimea punctelor reale sau ($PR(F)_k$). Clasa „B" cuprinde bazele și sistemele de baze asociate PSF (fig. 3).

Sistemul bazelor de generare (SBG). În procesul de generare a suprafețelor, apare clasa „A" a elementelor ahitecturale de generare EAG (SR_i ; MR_j ; VR_k) G și clasa „B" a bazelor de genenare din care se constituie sistemul bazelor de generare (SBG). De acest sistem este legată direct curba generatoare și curba de directoare, cît și poziția relativă a acestora în cinematica și dinamica procesului de generare a suprafețelor cît și arhitectura corpului detașat.

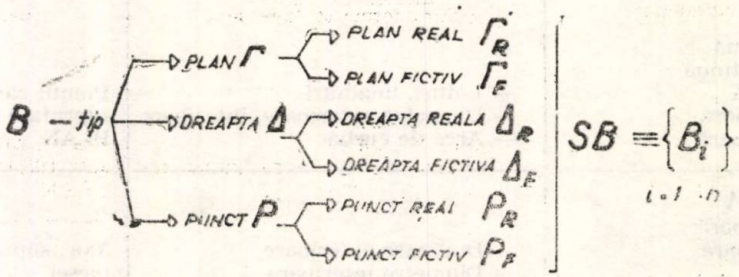


Fig. 1

Sistemul bazelor de orientare (SBO). În procesul de generare a suprafețelor, piesa semifabricată (PSF) vine în contact prin elementele arhitecturale participante în procesul de orientare (EAPPO), cu elemente arhitecturale ale reazemelor din sistemul dispozitivului de orientare și fixare.

EAPPO reprezentînd clasa „A" a elementelor geometrice de acest tip, este direct legată

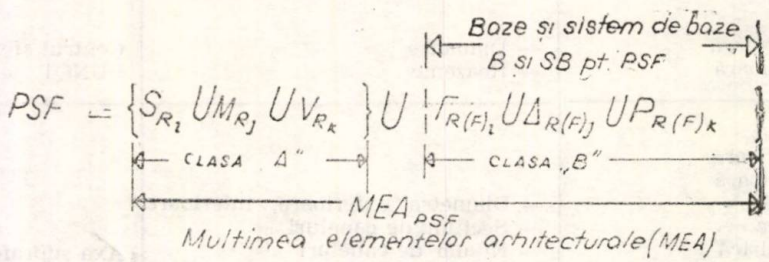


Fig. 2

de clasa „B" a elementelor arhitecturale care formează sistemul bazelor de orientare (SBO). Prin urmare, bazele de orientare (BO) aparţin legătură (EAL). Şi aceste elemente sînt organizate în cele două submulţimi de bază, submulţimea „A" $(S_R, M_R, V_R)_L$ şi submulţimea

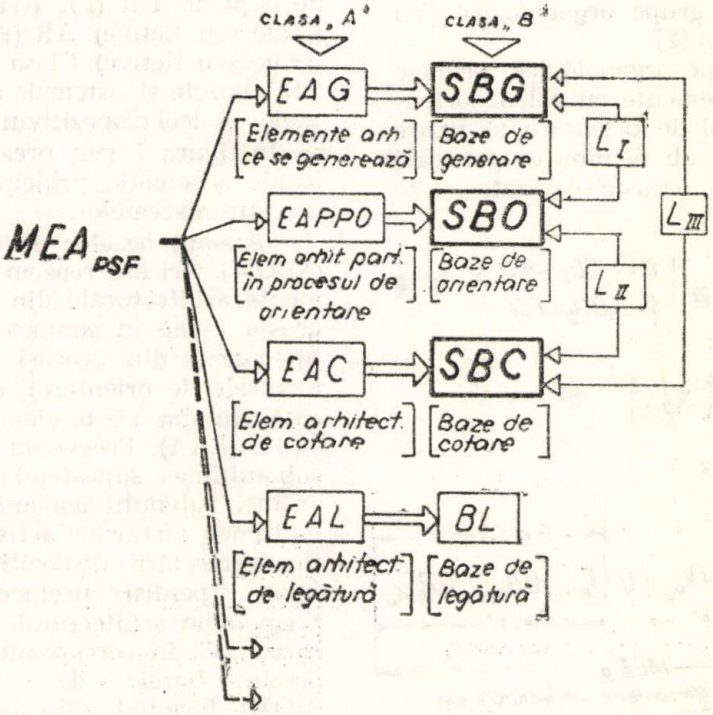


Fig. 3

piesei-semifabricat (PSF), fiind elemente geometrice de tip plan Γ, dreaptă Δ şi punct P, faţă de care se precizează şi se defineşte oricare din EAPPO (suprafeţe, muchii, vîrfuri) de pe piesa semifabricată.

Sistemul bazelor de cotare (*SBC*). Suprafeţele care se generează în procentul de prelucrare a piesei semifabricate sînt legate prin intermediul bazelor de generare, prin cote unghiulare, liniare, şi unghiulare, de elementele arhitecturale de cotare $(S_{RI}\ M_{RJ},\ V_{RKc})_c$ care sînt poziţionate şi definite într-un sistem de baze de cotare (SBC). Deci şi bazele de cotare (BC) aparţin piesei semifabricate.

Sistemul bazelor de legătură (*SBL*). Elementele arhitecturale de generare (EAG), de orientare (EAO) şi de cotare (EAC) sînt legate „B" (Γ, Δ, P) L care formează ansamblul bazelor de legătură internă. Sistemul bazelor de legătură este deosebit de util în calculul erorilor de orientare, de fixare (strîngere), în stabilitatea piesei pe reazeme etc.

Relativitatea sistemelor de baze asociate PSF. Excluzînd cazurile cu totul particulare, în care toate cele patru baze coincind (rectificarea fără centre), în marea majoritate a cazurilor, bazele de generare sînt diferite de bazele de legătură şi acestea diferite de bazele de cotare şi de orientare. Pentru aceste situaţii, cazurile posibile de relativitate a bazelor de orientare şi de cotare sînt evidenţiate în figura 4. Această precizare este deosebit de importantă pentru

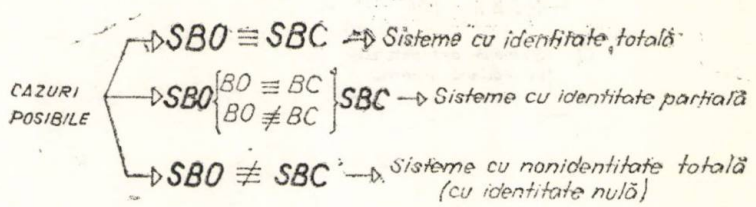


Fig. 4

între ele, în ansamblul arhitectural al piesei semifabricate, prin elementele arhitecturale de fundamentarea teoretică a calculului erorilor de orientare.

Baze și sisteme de baze asociate dispozitivului

Dispozitivul de orientare și fixare a piesei semifabricate (DOF_{PSF}) poate fi considerat ca un sistem format din grupe organologice cu diferite funcții în sistem [2].

Din cele șapte grupe organologice, primele două grupe cuprind elemente cu rol de orientare (GOI), sau cu rol de orientare și fixare (GOI I), cunoscute și sub denumirea generală a REAZEME. Sintetic, această realitate este modelată în figura 5.

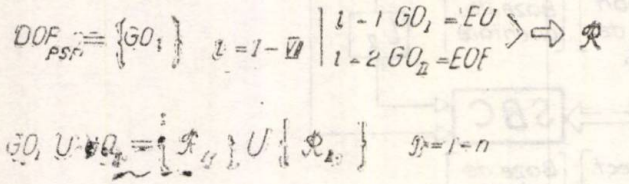


Fig. 5

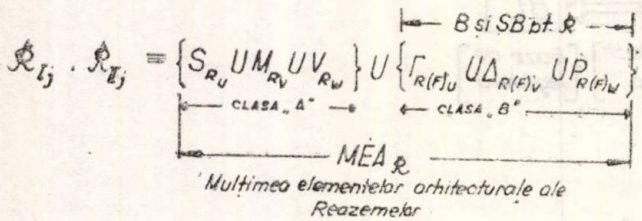


Fig. 6

În sens sistemic arhitectural, oricare reazem (R) (fig. 6) reprezintă un ansamblu de două clase de elemente arhitecturale. Clasa „A" cuprinde submulțimea elementelor arhitecturale care determină forma și dimensiunile reazemului (suprafețe S_{Rw} muchii — M_{Rv}, vîrfuri V_{Rw}). Clasa „B" cuprinde submulțimea elementelor din clasa „A". Aceste elemente nu pot fi decît plane $\Gamma R\ (F)_u$ (reale sau fictive), drepte (reale sau fictive) $\Delta R\ (F)_v$ și puncte $PR\ (F)_w$ (reale sau fictive). Clasa „B" cuprinde, ca și la PSF, bazele și sistemele de baze asociate reazemelor și deci dispozitivului.

În figura 7 sînt prezentate într-un model iconic schematic principalele sisteme de baze asociate reazemelor.

Sistemul bazelor de orientare materializate (SBOM). Oricare reazem are o mulțime de elemente arhitecturale din clasa „A", prin care acesta vine în contact cu elementele arhitecturale din aceeași clasă (elemente arhitecturale de orientare), de pe piesa semifabricată. Numim aceste elemente arhitecturale ACTIVE (EAA). Frecvența cea mai mare o are submulțimea suprafețelor active iar apoi, în ordine, submulțimea muchiilor active și submulțimea vîrfurilor active (foarte rar în practica proiectării dispozitivelor de orientare și fixare pentru prelucrări pe mașini-unelte). Elementele arhitecturale de tip Γ, Δ, P din clasa „B", în corespondență cu clasa „A", reprezintă bazele de orientare materializate (BOM), formînd, prin asociație, sistemul bazelor de orientare materializate (SBOM).

Sistemul bazelor de montaj (asamblare) (SBM). Reazemele ocupă o poziție bine determinată în ansamblul dispozitivului, aflîndu-se

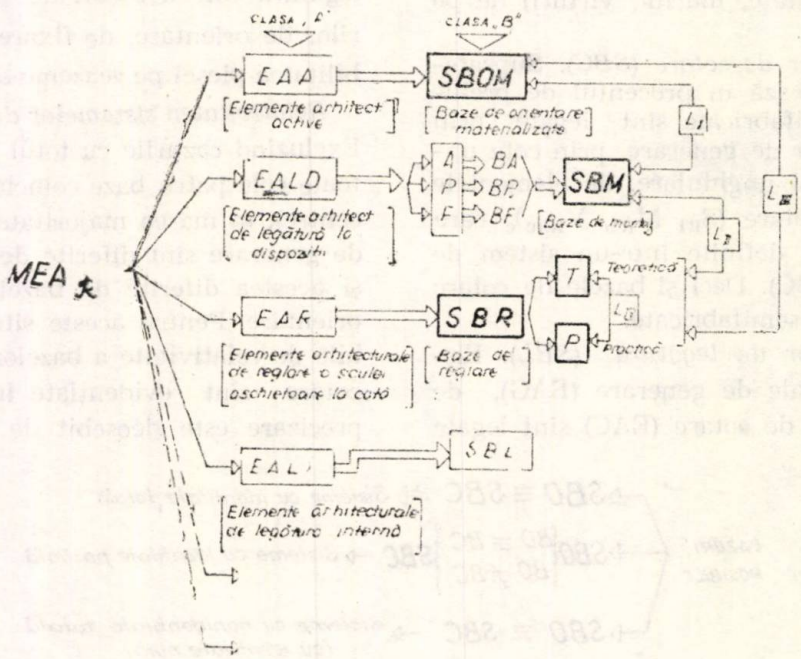


Fig. 7

într-o relativitate condiționată unele față de altele. Pentru a se garanta această poziție re-

lativă condiționată, asmblarea reazemelor în corpul dispozitivului trebuie să țină seama de forma și dimensiunile unor elemente arhitecturale de tip S_R, M_R, V_R, existente pe reazem, pe care le numim elemente arhitecturale de legătură la dispozitiv (EALD). Frecvența cea mai mare o are submulțimea suprafețelor reale (S_R). După funcția lor, în procesul de asamblare, (EALD) pot fi de tip „A" (elemente participante în procesul de asamblare cu funcție de așezare a elementului de reazem), de tip P (elemente participante în procesul de asamblare cu funcție de poziționare a elementului de reazem) și de tip F (elemente participante în procesul de asamblare cu funcția de fixare-strîngere a reazemului).

Clasa „B" a elementelor arhitecturale de tip EALD este constituită din $\Gamma_{R(F)}$; $\Delta_{R(F)}$; $P_{R(F)}$, reprezentînd BAZELE DE MONTAJ (ASAMBLARE) de tip BA (baze de așezare), BP (baze de poziționare) și de tip BF (baze de fixare). Mulțimea bazelor pentru un anumit reazem formează sistemul bazelor de montaj SBM la nivel de reazem, iar acestea împreună determină SBM la nivel de dispozitiv.

Sistemul bazelor de reglare (SBR). Precizia dimensională la prelucrarea în dispozitive nu se obține prin trasaj sau aschii de probă, ci automat, prin reglarea sculei la cotă. Cum piesa semifabricată se orientează prin elementele sale arhitecturale de orientare (EAO), aduse în contact cu elementele arhitecturale active ale reazemului (EAA), reglarea sculei la cotă trebuie să se realizeze prin raportarea acesteia la aceleași elemente arhitecturale active ale reazemului.

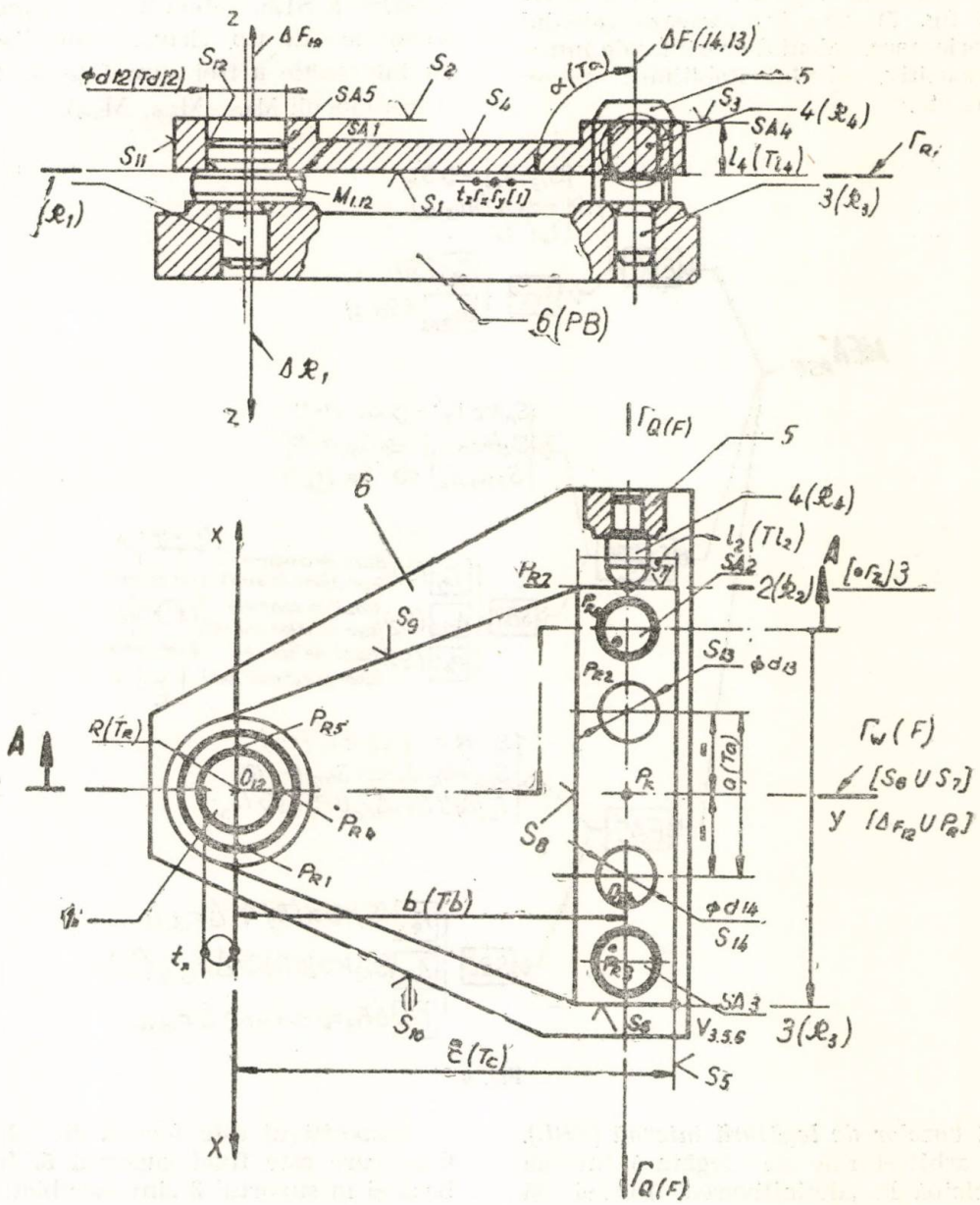


Fig. 8

Chiar în cazul în care dispozitivul este prevăzut cu organologie specifică pentru reglarea sculei la cotă — GABARITE, acestea sînt raportate, în ultimă instanță, tot la suprafețele active ale reazemelor. Din aceste considerente, se impune a fi analizate elementele arhitecturale de reglare (EAR). Clasa „A" a acestor elemente aparținînd reazemelor este construită din (S_R, M_R, V_R) S_R fiind cu frecvența cea mai mare, iar clasa „B", în corespondență cu clasa „A", este constituită din [$\Gamma_{R(F)}$, $\Delta_{R(F)}$, $P_{R(F)}$], care reprezintă bazele (B) și sistemele bazelor de reglare (SBR).

Se face precizarea că bazele de reglare (BR) pot fi teoretice (T), cînd sînt consituite din (Γ_F Δ_F; P_F), sau practice (P) cînd sînt constituite din (Γ_R; Δ_R; P_R).

Între aceste trei sisteme de baze aparținînd reazemelor, existentă legături complexe (evidențiate în fig. 7) care influențează calculul erorilor de orientare, calculul erorii totale introduse de dispozitiv, calculul stabilității piesei semifabricate etc.

pentru aceste elemente arhitecturale, cele două clase, clasa „B" cuprinzînd ca și în celelalte situații analizate bazele și sistemele bazelor de legătură (SBL).

Studiul de caz

În figura 8 se prezintă o piesă semifabricată (PSF) de tip placă, orientată într-un dispozitiv pentru operația de executare a două găuri d_{14} și d_{15}.

Piesa semifabricată la operația considerată reprezintă în sens arhitectural submulțimea elementelor tip suprafață reală, S_{Ri} ($i=1\div12$), submulțimea elementelor arhitecturale de tip muchii reale, MR (ex. M.1.12 ca intersecție a suprafeței plane S_1, cu suprafața cilindrică interioară S12), submulțimea elementelor arhitecturale de tip vîrfuri reale V_{Rk} (ex. V3.5.6 ca intersecție a trei suprafețe S_3, S_5 și S_6 sau a trei muchii $M_{3.5}$, $M_{5.6}$, $M_{3.6}$).

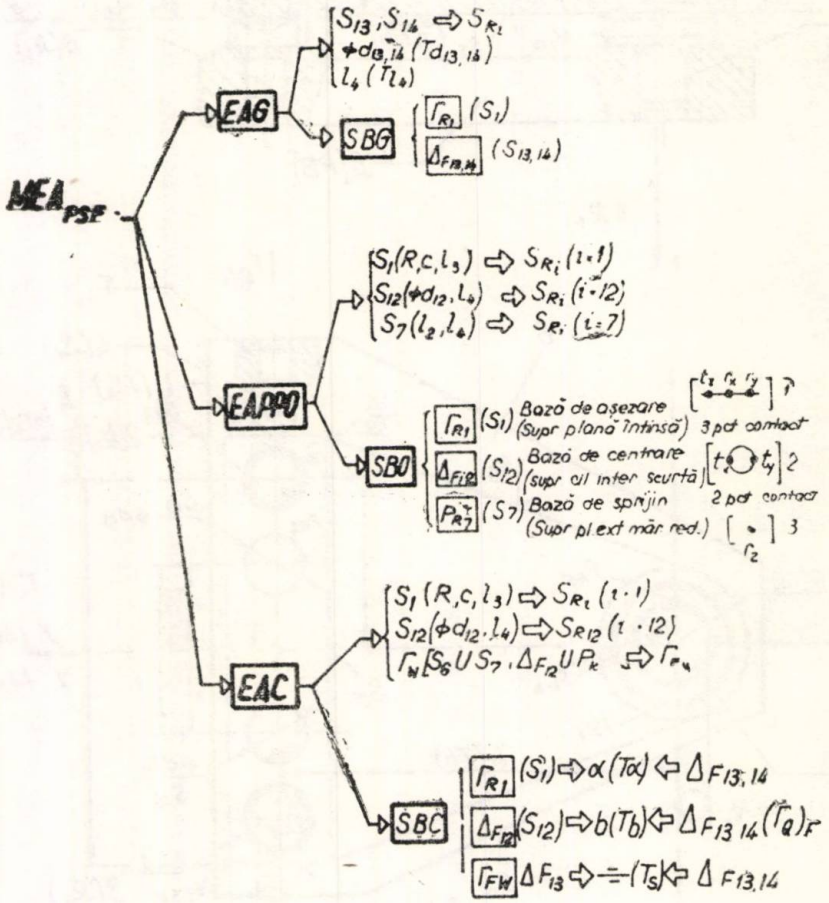


Fig. 9

Sistemul bazelor de legătură internă (SBL). Elementele arhitecturale de legătură internă (EALI) participă la „definitivarea" formei și dimensiunilor reazemului, fiind prezente și

Dispozitivul este format din placa de bază **6** pe care este fixat suportul **5.** In placa de bază și în suportul **3** sînt asamblate elementele de reazem : R_1 — reazem de tipul bolțului

cilindric cu guler, R_2 și R_3 — reazeme de tipul cepurilor de reazem cu suprafața activă plană și R_4 — reazem de tipul cepului de reazem cu suprafața activă sferică. Din dispozitiv, în figura 8, nu s-au pus în evidență decît elementele strict necesare evidențierii problematicii BAZELOR.

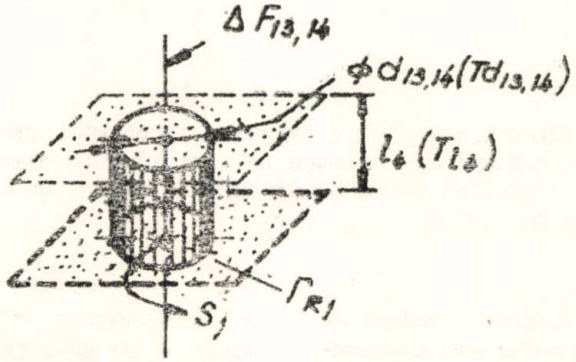


Fig. 10

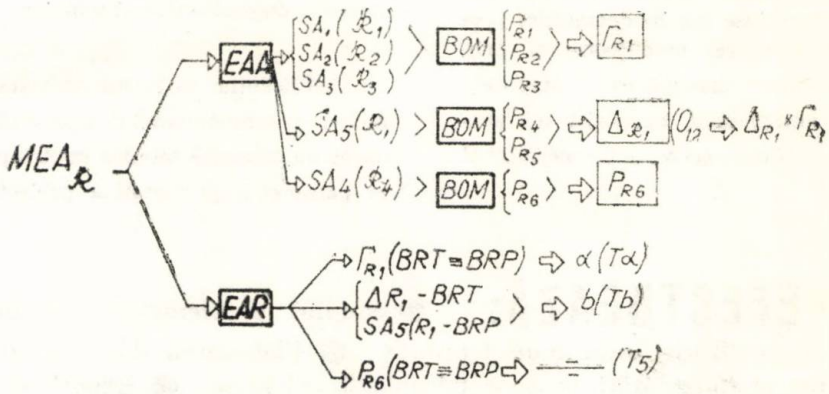


Fig. 11

În figura 9 sînt explicate elementele arhitecturale și dintre acestea, în mod deosebit, BAZELE asociate piesei semifabricate (cu referiri la figurile 8 și 10), iar în figura 11 elementele arhitecturale și dintre acestea în mod deosebit BAZELE asociate reazemelor dispozitivului de orientare.

Concluzii

Cunoscînd din articolul [1] problematica sistemelor de referință și din prezentul articol problematica bazelor asociate piesei semifabricate și reazemelor, se poate aborda problema poziției relative a acestor baze și, legat de aceasta, calculul erorilor de orientare și a erorii totale introduse de dispozitiv.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Brăgaru, A.*: „Arhitectura piesei semifabricate la prelucrarea în dispozitive pe mașini-unelte". Revista „Construcția de mașini", nr. 9/1987.

[2] *Brăgaru, A. ș.a.*: „SEFA-DISROM — Sistem și metodă", vol. I, Editura tehnică, București, 1982.

[3] *Botez, E.*: „Bazele generării suprafețelor". București, Editura tehnică, 1966.

Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Industria Construcţiilor de Maşini, înfiinţat încă din anul 1965, are o bogată experienţă în cercetare şi proiectare tehnologică specifică pentru construcţiile de maşini. În cadrul Institutului se desfăşoară trei tipuri de activităţi:

1. Cercetarea de procese tehnologice (metode de fabricaţie) noi în cadrul laboratoarelor special amenajate pentru experimentarea şi optimizarea procedeelor, regimurilor sau reţetelor tehnologice precum şi cercetarea în vederea asimilării în fabricaţia de serie a unor echipamente şi produse noi în domeniile: prelucrări prin aşchiere, ştanţare, ambutisare şi prin tehnologii neconvenţionale, manipulare automată montaj mecanizat şi automatizat, acoperiri de protecţie şi decorative, control activ, interoperaţional şi final.

2. Elaborarea de tehnologii integrate şi sisteme complexe de fabricaţie pentru prelucrarea unor piese sau grupe de piese sau produse, cu adoptarea celor mai eficiente procedee, inclusiv proiectarea maşinilor speciale, dispozitivelor şi sculelor.

3. Execuţia, în limita capacităţilor propriului său atelier, a echipamentelor tehnologice proiectate. Acordarea de asistenţă tehnică pentru punerea în funcţiune la parametrii proiectaţi a proiectelor elaborate.

ICTCM EFECTUEAZĂ: ● Studiul problemelor tehnologice individuale sau legate de realizarea unui anumit produs ; ● Elaborarea de procedee tehnologice noi sau dezvoltarea şi îmbunătăţirea unor tehnologii existente ; ● Experimentarea în laborator şi în producţie a procedeelor elaborate ; ● Întocmirea proiectelor de execuţie pentru liniile, maşinile dispozitivele sau sculele necesare aplicării tehnologiilor elaborate ; ● Întocmirea proiectelor de utilare tehnologică a secţiilor sau atelierelor în care se vor realiza tehnologiile respective ; ● Construcţia în ateliere proprii a utilajelor proiectate ; ● Execuţia de prototipuri de maşini şi dispozitive şi experimentarea acestora în vederea introducerii lor în fabricaţia de serie ; ● Elaborarea de metode de măsură şi control interoperaţii şi final, proiectarea şi executarea utilajelor necesare controlului şi sortării cu diferite grade de automatizare ; ● Proiectarea şi eexcutarea de bancuri de probă pentru studii de laborator şi fabricaţia de serie ; ● Organizarea fabricaţiei, transportului intern şi depozitării în secţiile şi atelierele destinate aplicării noilor tehnologii, planificarea şi urmărirea producţiei ; ● Elaborarea de sisteme pentru automatizarea pregătirii tehnologiei precum şi pentru planificare, lansare şi urmărire cu ajutorul calculatorului electronic ; ● Acordarea de asistenţă tehnică pentru aplicarea procedeelor tehnologice elaborate şi pentru punerea în funcţiune a utilajelor proiectate şi executate; ● Acordarea de licenţe, know-how şi punerea la dispoziţie a documentaţiei de execuţie pentru lucrările executate de institut.

TÎRGUL LEIPZIG

Republica Democrată Germană

Centrul comercial mondial Leipzig vă oferă într-un singur loc și în numai șapte zile :

- Tratative în domenii reprezentative ale industriei R.D.G.
- Încheierea de afaceri și contracte cu parteneri comerciali din întreaga lume
- Informații și tehnologii de înaltă productivitate în ramura industrială care vă interesează

Tema Tîrgului Leipzig 1988 :

„Aparatură de măsură, control și reglare integrată sistemelor de producție — calea spre creșterea eficienței"

Pentru comerț internațional și progres tehnic !

Invitații pentru Tîrg și informații puteți obține la O.N.T. Carpați sau la Reprezentanța Comercială a Ambasadei R.D.G. în R.S.R., str. Dumbrava Roșie nr. 4, București.

O.N.T. Carpați organizează călătorii pentru grupe de experți cu participare gratuită la conferințele de specialitate și la vizitarea Tîrgului cu ghizi specializați.

13.-19.3.1988

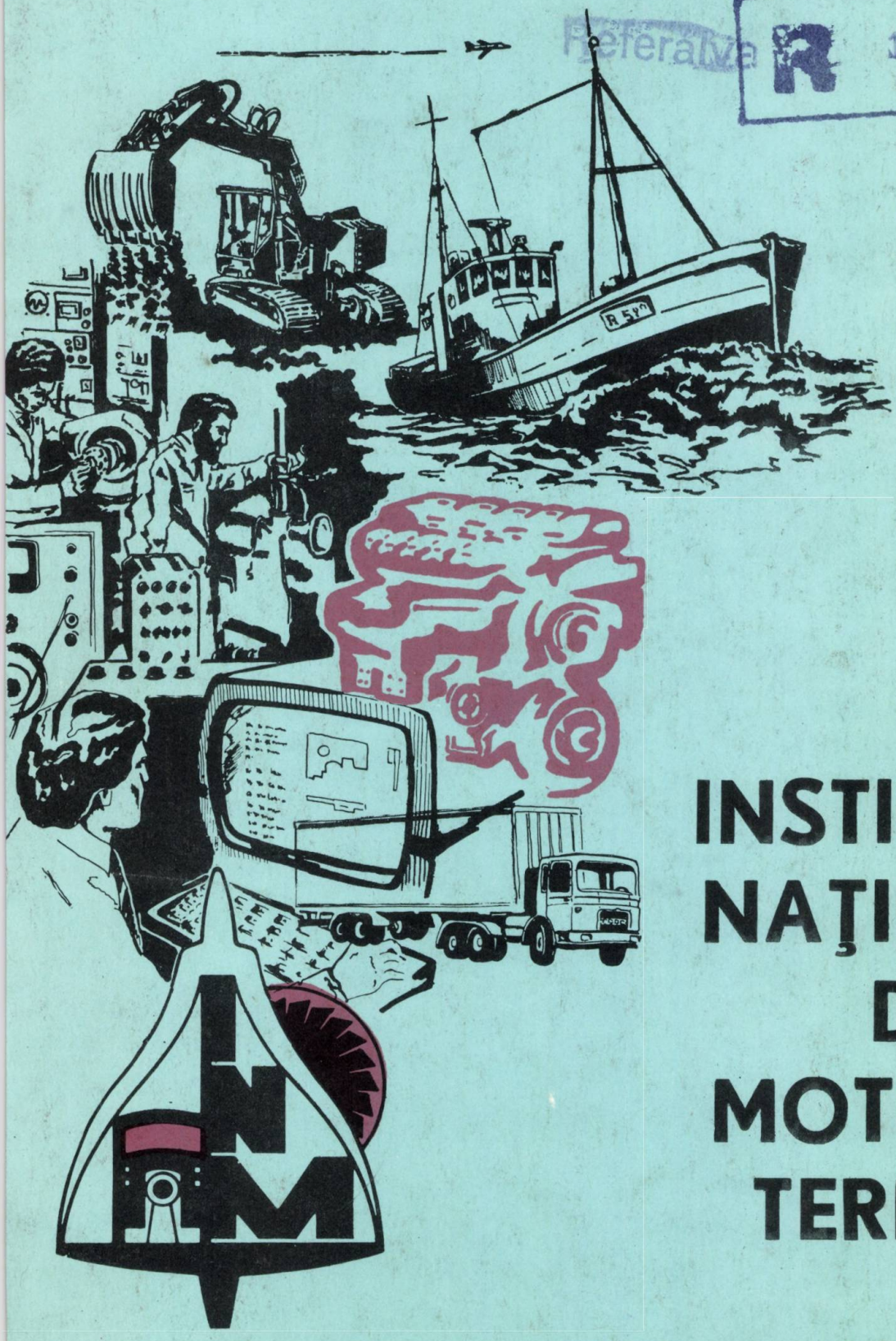
PUBLICOM

3279 GSE

CONSTRUCŢIA DE MAŞINI

04

Referativa R 1988 JUN 29



MOTOARE
CU
ARDERE
INTERNĂ

INSTITUTUL
NAŢIONAL
DE
MOTOARE
TERMICE

2

BUCUREŞTI - ANUL XL - 1988

CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI DE UTILAJ GREU
EDITOR : OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ANUL XXXX, 2, februarie 1988

CUPRINS

MOTOARE CU ARDERE INTERNĂ

1. Cercetări în vederea îmbunătățirii performanțelor

ANTONESCU, P., OPREAN, M., PETRESCU, FL. : **Sinteza analitică a profilului Kurz, la cama cu tachet plat rotativ** 61

BĂLOIU, S., VINTILĂ, S., GRÜNWALD, B., BONCOI, I. : **Cercetări experimentale privind corelația dintre jetul de combustibil, arhitectura camerei de ardere divizate cu funcționare intermitentă și mișcarea de rotație a fluidului motor** 65

STOICA, N., TOMESCU, A., DRĂGUȚAN, L. : **Studiu comparativ al unor parametri ai ciclului la funcționarea unui motor, în varianta diesel și diesel-gaz** 71

BĂLOIU, S., BERCEA, O., TOTHEZAN, P., GLĂJA, N., VINTILĂ, S., DESPA, N., ADAMEȘTEANU, JANINA, BONCOI, I., GRÜNWALD, B. : **Unele aspecte privind influența arhitecturii camerei de ardere asupra cifrei de fum, în corelație cu ceilalți indici de performanță, la un motor diesel supraalimentat de putere medie** 77

ALBOTEANU, R., IACOBLEV, N., NICOLESCU, V. : **Unele aspecte rezultate din cercetările asupra motoarelor diesel răcite cu aer, cu alezaj ∅95 (prototip)** 84

PROCOPOVICI, E., NIȚU, Gh., POPESCU, C. : **Analiza fenomenelor rapide în motoarele termice** 87

2. Echipamente destinate cercetării și exploatării m.a.i.

DRĂGUȚAN, L., TOMESCU, A. : **Utilizarea unor regulatoare de turație la motorul D-110, alimentat în varianta diesel-gaz și integral-gaz** 90

VIDRAȘCU, R., MUTH, I.F., BUNEA, V., MASCAN, M. : **Surse moderne de alimentare cu energie electrică, pentru motoare diesel rapide din clasa 500—1500 CP** 94

BÂRCA, CR. TR., CHITIAN, AL., MITROI, P., BARDAȘ, C., CRISTODORESCU, P., PREDESCU, MARIA, ENACHE, M., FĂRTĂIȘ, N. : **Frînă electrică cu recuperare pentru încercarea motoarelor termice** 98

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului Științific al Institutului Central pentru Construcții de Mașini

Redactor șef : ing. Teodosia Oprescu
Redactor : Șerban Teodorescu
Coordonatori : dr. ing. Nicolae Stoica, dr. ing. Sergiu Băloiu

IACOB, AL., SAVIUC, S., RAICU, V. : **Ușurarea pornirii motorului la temperaturi scăzute, prin utilizarea unui dispozitiv complementar sistemelor electronic de aprindere** 101

GHIA, V., NISTOR, D., TEODORESCU, L. : **Combustibilii grei din petrol pentru motoarele diesel. Testarea arderii pe stand de specialitate** 108

* * *

DEMIAN, TR., MICU, C.A., CURIȚA, I. : **Asupra calculului durabilității rulmenților radiali cu bile pe baza caracteristicii la oboseala de contact a materialului** 113

x x x : **Sumar anual pe probleme** 116

x x x : **Indice alfabetic pe autori** 124

ATTENTION !

Foreign readers can subscribe through ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex : 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ACHTUNG !

Ausländische Leser können sich abonnieren durch ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex : 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ATTENTION !

Les lecteurs étrangérs de la revue pourront prendre des abonaments par ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex : 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ВНИМАНИЕ !

Читатели иностранных стран могут абонироваться при ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex: 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

Revista „CONSTRUCȚIA DE MAȘINI", organ al Ministerului Industrei Construcțiilor de Mașini din Republica Socialistă România. Redacția la : Oficiul de informare documentară pentru industria construcțiilor de mașini, cu sediul în București, Calea Victoriei, 133, sector I, telefon 50.31.30 ; sau 59.71.35. Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament ICTCM, 30.16.7.01.01 B.N.—R.SR.. filiala sector IV sau prin mandat poștal la ICTCM, șos. Olteniței nr. 105, București, sector 4, pentru revista „Construcția de mașini". Tarif : 150 lei anual. Costul unui exemplar : 12,50 lei.

Tiparul : Tipografia „Ploiești" str. Transilvaniei, nr. 29.

SUMARE

CZ : 621-233 ; 621.835

Antonescu, P., Oprean, M., Petrescu, Fl. : **Sinteza analitică a profilului Kurz, la cama cu tachet plat rotativ**

Lucrarea prezintă o metodă analitică originală de proiectare a profilului camei plane rotative care acționează un tachet, plat rotativ-oscilant, după o lege de mișcare impusă. Se stabilesc legile de mișcare adaptate pentru realizarea unui profil Kurz simetric. Metoda propusă este aplicată, printr-un exemplu de calcul numeric, la sinteza profilului unei came rotative simetrice care realizează o lege de mișcare Kurz la tachetul plat rotativ-oscilant, cu excentricitate nulă.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 6 fig., 7 ref. bibl.

CZ : 621.431

Băloiu, S., Grünwald, B., Boncoi, I. Vintilă, S. : **Cercetări experimentale vizînd corelația dintre jetul de combustibil, arhitectura camerei de ardere divizate cu funcționare intermitentă și mișcarea de rotație a fluidului motor**

Lucrarea evidențiază influența unor factori constructivi (raportul de comprimare, numărul și diametrul orificiilor pulverizatorului) și funcționali (presiunea de deschidere a injectorului, avansul la injecție) asupra performanțelor unui motor echipat cu o cameră de ardere divizată cu funcționare intermitentă. Se urmărește corelarea mișcării de rotație a fluidului motor cu numărul jeturilor de combustibil, în vederea îmbunătățirii gradului de omogenizare a amestecului aer-combustibil. Studiul prezentat compară datele obținute din cercetările efectuate pe motor în standul de probe cu rezultatele calculelor teoretice.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 5 fig., 9 ref. bibl.

CZ : 621.436

Stoica, N.. Tomescu, A., Drăgușan, L. : **Studiu comparativ al unor parametri ai ciclului, la funcționarea unui motor în varianta diesel și diesel-gaz**

Se prezintă unele aspecte ale folosirii combustibililor gazoși la motoarele cu ardere internă și un studiu comparativ al variației unor parametrii indicați la funcționarea unui astfel de motor în varianta diesel și diesel-gaz.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 4 fig., 16 ref. bibl.

CZ : 621.436

Băloiu, S,, Grünwald, B., Bercea, O., Boncoi, I., Tothezan, P., Glăja, N., Vintilă, S., Despa, N., Adameșteanu, Janina : **Unele aspecte privind influența arhitecturii camerei de ardere asupra cifrei de fum, în corelație cu ceilalți indici de performanță, la un motor diesel supraalimentat de putere medie**

În lucrare se prezintă un studiu comparativ al corelației dintre cifra de fum și ceilalți indici de performanță vizînd trei camere de ardere diferite (două clasice și una originală) destinate motoarelor Diesel de putere medie, supraalimentate pentru autovehicule. La baza investigației teoretice și analitice efectuate, se găsesc datele experimentale obținute în laboratorul de gazodinamică și pe standul de cercetare al motoarelor termice cu piston. Investigația a avut ca obiectiv, evaluarea parametrilor efectivi și indicați. Prelucrarea lor s-a efectuat pe calculator.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 9 fig., 10 ref. bibl.

CZ : 621.436

Alboteanu, R., Iacoblev, N., Nicolescu, V. : **Unele aspecte rezultate din cercetările motoarelor diesel răcite cu aer cu alezaj ⌀95 — prototip**

Una din etapele de finalizare a programului de realizare a unei familii de motoare diesel răcite cu aer cu alezaj de 95 mm a constat din cercetarea fiecărui motor prototip reprezentant al acestei familii. În urma acestor cercetări s-au desprins o serie de concluzii referitoare la modul în care aceste motoare realizează performanțele tehnico-economice impuse prin datele de proiectare, precum și unele îmbunătățiri potențiale ce ar constitui în viitor obiectul perfecționării lor constructive, funcționale și economice. Lucrarea își propune să prezinte o parte din rezultatele cercetărilor efectuate, insistînd asupra celor referitoare la soluția energetică, aptă să confere produselor un grad ridicat de competitivitate.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 3 fig., 1 tab., 2 ref. bibl.

CZ : 621.431

Procopovici, E., Țițu, Gh., Popescu, C.I. : **Analiza fenomenelor rapide în motoarele termice**

Se face o trecere în revistă a sistemelor de analiză a fenomenelor rapide în motoarele termice realizate la I.N.M.T. Se descriu apoi două sisteme de analiză. Primul sistem are un singur convertor A/D și achiziția se face prin multiplexare. Al doilea sistem are convertor A/D pe fiecare canal analizat. Se prezintă apoi tipurile de prelucrări necesare în studiul motoarelor termice.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 2 fig.

CZ : 621.436

Drăgușan, L., Tomescu, A. : **Utilizarea unor regulatoare de turație la motorul D-110 alimentat în variantă diesel-gaz și integral-gaz**

În cadrul cercetărilor vizînd alimentarea motoarelor diesel în variantă diesel-gaz și integral-gaz, s-a ridicat problema reproducerii caracteristicilor de regulator ale variantei standard, pe motorină. Lucrarea prezintă comparativ rezultatele obținute cu regulatoare pneumatice și mecanice la motorul D-110.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 7 fig., 2 ref. bibl.

CZ : 621.313

Vidrașcu, R., Muth, I.F., Bunea, V., Mascan, M. : **Surse moderne de alimentare cu energie electrică destinate motoarelor diesel rapide din clasa 500—1500 CP**

Lucrarea descrie sursele de alimentare cu energie electrică de putere destinate motoarelor diesel rapide din clasa 500—1500 CP ce echipează vehiculele grele. Se evidențiază unele dezavantaje apărute în exploatare la primele soluții propuse, precum și rezultatele pozitive obținute prin perfecționarea generatorului electric utilizarea unei variante fără contacte alunecătoare), punții redresoare și regulatorului de tensiune.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 5 fig.

CONTENTS

DC : 621-233 : 621.835

Antonescu, P., Oprean, M., Petrescu, F. : **The analytical synthesis of the Kurz profile to the cam with rotativ flat follower**

The paper presents an original analytical method for designing the profile of the planar rotary cam that operates an oscillating — rotary flat follower after a given law of mouvement. We are creating the mouvement law adaptated for a simetrical Kurz profile. The method suggested here is applied, through an example of numerical calcules, to the synthesis of the profile of a simetrical rotary cam performing a Kurz law to the oscillating-rotary flat follower, with nul excentricity.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 6 figs., 7 bibl. paps.

DC : 621.431

Băloiu, S., Grünwald, B., Boncoi, I. Vintilă, S. : **Experimental research regarding the corelation between the fuel jet, the design of the intermittently operating divided combustion chamber and the motive fluid rotational motion**

The work emphasizes the influence of some constructive factors (the compression ratio, the number and diameter of sprayer holes) and functional factors (injector opening pressure, injection, advance) on the performance of an engine equipped with an intermittently operating divided combustion chamber. The objective is the corelation of the motive fluid rotational motion to the number of fuel jets, having in view the improvement of the homogenization degree of the air-fuel mixture. The study compares the data obtained from the test bench research to the results of the tehoretical calculation.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 5 figs., 9 bibl. paps.

DC : 621.436

Stoica. N., Tomescu, A., Drăguțan, L. : **Comparative paper regarding some parameters of the function of an engine in Diesel and gas-Diesel variants**

This paper presents some aspects of the use of gas fuels with engines with internal combustion and a comparative paper of the variation of some parameters indicated in the function of such an engine in diesel and gas-diesel variant.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 4 figs., 16 bibl. paps.

DC : 621.436

Băloiu, S,, Grünwald, B., Bercea, O., Boncoi, I., Tothezan, P., Glăja, N., Vintilă, S., Despa, N., Adamesteanu, Janina : Some aspects regarding the influence of the combustion chamber design on the smoke number, in correlation with the other performance indexes, for a medium output turbocharged diesel engine.

The work presents a comparative study of the correlation between the smoke number and the other performance indexes, having in view three different combustion chambers (two of them being classical and an original one) for medium ouptut turbocharged diesel engines for motor vehicles. The theoretical and analytical investigation was based on the experimental data obtained in the gas-dynamics laboratory and on the test bench for thermal reciprocating engines. The objective of the study was the evaluation of the indicated and real parameters, which were processed on a computer

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 9 figs., 10 bibl. paps.

DC : 621.436

Alboteanu, R., Iacoblev, N., Nicolescu, V. : **Some aspects resulted from the research of 95 mm bore air cooled diesel engines — prototypes**

One of the finishing stages of the programme designed to achieve a family of 95 mm bore air cooled diesel engines was the research of every prototype engine which represented this family. Following the research, a series of conclusions were drawn, regarding the way these engines achieve the technical-economical performance prescribed by the design data, as well as some possible improvements which represent the future object of their economical, functional, and constructive improving. This paper is intended to present some research results, dwelling upon those referring to the power solution, which offers a high competitivity to the products.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 3 figs., 1 tab., 2 bibl. paps.

DC : 621.431

Procopovici, E., Țițu, Gh,, Popescu, C.I. : **Analysis of the rapid phenomena which take place in thermal engines**

This paper gives a presentation of the analysis systems of the rapid phenomena in thermal engines produced at I.N.M.T. Further there are described the two analysing systems. The first system has one A/D converter, and the/acquisition is made by multiplexation. The second system has one A/D converter, on each analysed channel. Further on there are presented the different types of processing needed during the study of thermal engines.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 2 figs.

DC : 621.436

Drăguțan, L. : **Utilisation of gavennors with the D—110 engie in diesel — gas variant and integral gas variant**

During the resurch work visualizing the alimentation of Diesel engines in diesel — gas and integral gas variants raised the problem of reproduction of the characteristics by the gavernor of the standard-variant with diesel gasoline. The paper presents comparative the obtained results with the pneumatic and mecanical gavernor with the D—110 engine.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 2, 7 figs., 2 bibl. paps.

DC : 621.313

Vidrașcu, R., Muth, I.F., Bunea, V., Mascan, M. : **Modern sources for electric power fueling of rapid diesel engines of the 500—1500 HP class**

The paper describes the development of electric power fueling sources destined for rapid diesel engines of the 500—1500 HP class equipping heavy vehicles. There are set off certain disadvantages arising during the exploitation with the first solutions suggested as well as the positive results obtained by the improvement of the electric generator (the employment of alternative without sliding contacts), of the redressing bridge and of the voltage regulator.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 2, 5 figs.

SOMMAIRES

CD : 621-233 ; 621,835

Antonescu, P., Oprean, M., Petrescu, Fl. : **La synthèse analitique du profil Kurz chez la came avec taquet plat rotatif**

L'ouvrage présente une méthode analitique originale de projection du profil de la came plane rotative, qui actionne un taquet plat rotatif oscillant en suivant une lois de mouvement donné. On etablie les leis du mouvement qui sont adaptées pour la réalisation d'un profil Kurz symetrique. La méthode proposée est apliquée par un exemple de calcul numérique à la synthèse du profil d'une came rotative qui realise une lois de mouvement Kurz au taquet plat rotatif oscillant avec une excentricité nule.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 2, 6 fig., 7 réf. bibl.

CD : 621,431

Băloiu, S., Grünwald, B., Boncoi, I. Vintilă, S. : **Recherches experimentales sur la correlation entre le jet de combustible, l'architecture de la chambre de combustion divisée à fonctionnement intermitente et le mouvement de rotation du fluide moteur**

L'oeuvre évidencie l'influence des uns des facteurs constructifs [le rapport de compression, le nombre et le diamètre des orifices du pulvérisateur (d'atomiseur)] et fonctionnele (la préssion d'ouverture d'injecteur, l'avance à l'injection) sur les performances d'un moteur équipé avec une chambre de combustion divisée, à fonctionnement intermitente. On suive la corrélation du mouvement de rotation du fluide moteur avec le nombre des jets de combustible en vue d'enrichessement du degré d'homogénéite du mélange air-combustible. L'étude présenté compare les dates obtenues après les recherches sur le moteur sur le stand d'essai, avec les résultats des calculs théorique.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 2, 5 fig., 9 réf. bibl.

CD : 621.436

Stoica, N., Tomescu, A., Drăguţan, L. : **Etude comparatif des quelques paramètres du cycle à la fonctionnement d'un moteur dans la variante diesel et diesel-gaz**

On présente quelques aspèctes de l'utilisation des combustibles gazeux aux moteurs à combustion interne et un étude comparatif de la variation des quelques paramètres indiqués à la fonctionnement d'un tel moteur dans la variante diesel et diesel-gaz.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 2, 4 fig., 16 réf. bibl.

CD : 621.436

Băloiu, S,, Grünwald, B., Bercea, O., Boncoi, I., Tothezan, P., Glăja, N., Vintilă, S., Despa, N., Adamesteanu, Janina : **Les unes des aspects sur l'influence de l'architecture de la chambre de combustion sur l'indice de fumée en corrélation avec les autres indices de performance à une moteur diesel suralimenté de pouvoir moyen**

On présente dans l'oeuvre un étude comparatif de la corrélation entre l'indice de fumée et les autres indices de performance sur trois chambre de combustion differentes (deux classiques et une originale) destinées aux moteurs Diesel de pouvoir moyen, suralimentés pour les automobiles. A la base des investigations théoriques et analitique efféctuées, on trouve les dates expérimentale obtenues dans le laboratoire de gaz-dinamique et sur le stand d'essai des moteurs thérmiques à piston. L'investigation a en comme objectif, l'évaluation des paramètres effectifs et indiqués. Leur usinement on a été efféctuée sur le calculateur.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 2, 9 fig., 10 réf. bibl.

CD : 621.436

Alboteanu, R., Iacoblev, N., Nicolescu, N. : **Quelques aspects résultés a la suite des recherches des moteurs diesel à réfroidissement par air, a alesage ∅95 — prototype**

L'une des etapes du programme de developpement d'une famille de moteurs diesel a refroidissement par air, à alésage de 95 mm, a été la recherche de chaque moteur prototype representant cette famille. A la suite de ces recherches on a tiré tonte une serie de conclusions qui se refèrent à la manière dont ces moteurs réalisent les performances techniques et economiques imposées par les donées de conception, ainsi que certaines améliorations qui constitueront à l'avenir, l'objet de leur perfectionnement constructif fonctionnel et économique. L'ouvrage se propose de presenter une série de resultats des recherches effectuées, en insistant sur celles qui se refèrent aux produits d'un degré élevé de compétivité.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 2, 3 fig., 1 tab., 2 réf. bibl.

CD : 621.431

Procopovici, E., Ţiţu, Gh., Popescu, C.I. : **Analyse des phénomènes rapides dans les moteurs thermiques**

On fait un passage en revue des systèms d'analyse des phénomènes rapides dans les moteurs thermiques realisès dans l' INMT. On decrit ensuite deux systèmes d'analyse. Le premier système a un seul converteur A/D et l'acquisition se fait par multiplexation. Le deuxième système a un converteur A/D sur chaque canal analysé. On présente ensuite les types de processements necessairs dans l'étude des moteurs thermiques.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 2, 2 fig.

CD : 621.436

Drăguţan, L., Tomescu, A. : **Utilisation des régulateurs de touration au moteur D—110 alimenté dans la variante diesel-gaz et intégral-gas**

Au cadre des recherches visant l'alimentation des moteurs diesel dans la variante diesel-gas et intégral-gas, on a été mis le problème de la réproduction des caracteristiques de régulateur de la variante standard, à gasole. L'ouvrage présente comparativement les résultats obtenus, avec des régulateurs pneumatiques et au moteur D—110.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 2, 7 fig., 2 réf. bibl.

CD : 621.313

Vidrascu, R., Muth, I.F., Bunea, V., Mascan, M. : **Sources modernes d'alimentation avec l'énergie électrique destinées aux moteurs diesel rapides de la class 500—1500 CP**

Le travail décrit l'évolution des sources d'alimentation avec de l'énergie électrique de pouvoir destinés aux moteurs diesel rapides de la classe 500—1500 chevaux qui equipent les véhicules lourds. On met en évidence certains désavantages apparus dans l'exploitation aux premières solutions proposées de même que les résultats positifs obtenus par le perfectionnement du générateur électrique (l'emploi d'une variante sans contacts glissants), du pont rédresseur et du régulateur de tension.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 2, 5 fig.

INHALTSVERZEICHNIS

DK : 621-233 ; 621.835

Antonescu, P., Oprean, M., Petrescu, Fl. : **Analytische Synthese des Kurz-profiles für die Kurve mit Tellerhebel**

Die Arbeit steellt eine analytische originale Methode dar, mit der wir das Profil der ebenen und drehenden Kurve aufbauen Können. Das Profil wirkt einen Tellerhebeln, mit eine drehenden Bewegung nach einem bekannte Gesetzt. Wir folgern aus den Bewegungsgesetzen, die für die Bestimmung eines simetrischen Profil Kurz adaptiert werden. Die Methode, die vorgenommen wird, wird durch einen numerischen Berechnungsbeispiel angewandet. Durch diese Berechnung wird das Profil der Kurve bestimmt die das Tellerhebel antriebt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 2, 6 Bild., 7 Lit.

DK : 621.431

Băloiu, S., Grünwald, B., Boncoi, I. Vintilă, S. : **Experimentelle Forschung bezüglich der Abstimmung des Kraftstoffstrahls, der Architektur der geteilten Brennstoffkammer mit intermittierender Funktion und der Rotationsbewegung des Antrielosstoffes**

Vorliegender Bericht hebt den Einfluß einiger Bau — und Funktionsffaktoren hervor (Verdichtungsverhaltnis, Anzahl und Durchmesser der Einspriköffnungen der Düse; Öffnungsdruck der Düse Vorzündung), der Wirkung auf die Leisheng eines Motors mit geteilter Brennkammer und intermittierender Funktion hat. Man verfolgt die Asstimmung der Rotationsbewegung des Antrielosstoffes mit der Anzahl der Kraftsloffstrahlen zur Verbesserung des Mischungs grodes Luft-Kroffstoff. Der Bericht stellt die auf dem Prüfstond erhaltenen Ergebnisse vor sowrie die Ergebnisse der theoretischen Berechnungen.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 2, 5 Bild., 9 Lit.

DK : 621.436

Stoica. N., Tomescu, A., Drăguţan, L. : **Vergleichsstudium einiger Parameter des Funktionszykluses eines Diesel-motors und Gas-Dieselmotors**

Es werden einige Ansichtspunkte der Anwendung von gasförmigen Kraftstoffen bei Motoren mit innerer Verbrennung vorgestellt und ein Vergleichsstudium der Variation einiger Parameter die bei der Funktion eines solchen Motors verwendet werden.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 2, 4 Bild., 16 Lit.

DK : 621.436

Băloiu, S,, Grünwald, B., Bercea, O., Boncoi, I., Tothezan, P., Glăja, N., Vintilă, S., Despa, N., Adamesteanu, Janina : **Ansichten bezüglich des Einflusses der Bauart der Brennkammer auf die Rauchzahl in Zusammenhang mit den anderen Leishingeparametern bei unem aufgeladenen Dieselmotor mitlerer Kraft**

In vorliegendem Bericht wird ein Vergleichsshedium der Anpassung Luischen Rauchzahl und den anderen Leishungsparametern a drei Brennkammern (zwei belassische und eine waaperechte) dar aufgeladenen Dieselmotoren mittlerer Kraft für Fahrzeuge.

Basis der theoretischen und analytischen Forschungen sind die experimentellen Ergebnisse die für thermische Kalbenmotoren erhalten wurden. Die Forschung hatte als Ziel, die Verwertung der effektiven und angegebenen Parameter. Die Verarbeitung wurde auf dem Computer durchgeführt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 2, 9 Bild., 10 Lit.

DK : 621.436

Alboteanu, R., Iacoblev, N., Nicolescu, V. : **Einige Ansichtspunkte die aus der Forschung der Dieselmotoren mit Luftkühlung und einer Bohrung von ∅95 Prototype hervorgingen**

Eine der Etappen der Beendung des Programms zur Erhaltung einer Familie von Dieselmotoren mit Luftkülung und einer Bohrung von 95 mm bestand in der Erforschung jedes Einzelnen Prototype-Motors der eine Familie vertritt. Als Folge dieser Forschungen wurden Schlussfolgerungen gezogen bezüglich der Weise wie diese Motoren ihre techno-ökonomischen Parametern erzielt haben, die von den Proiektierungsmerkmalen gegeben wurden, sowie einige möglichen Verbesserungen die in Zukunft Objekt einer Perfektionierung von Bau —, Funktions — und ökonomischen Standpunkt her. Vorliegender Bericht stellt einen Teil der durchgeführten Forschungen vor und unterstreicht jene, die die energetische lösung betreffen, die den Erzeugnissen ein hohes Niveau geben und sie marktfähig machen.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 2, 3 Bild., 1 Taf., 2 Lit.

DK : 621.431

Procopovici, E., Ţiţu, Gh., Popescu, C.I. : **Analyse der Vorgänge die mit großer Geschwindigheit in thermischen Motoren vorsichgehen**

In vorliegendem Bericht werden die Analysesysteme der Vorgänge die mit großer Geschwindigkeit in thermischen Motoren vorsichgehen, die in INMT hergestell werden. Weiterhin werden zwei Analysesysteme vorgestellt. Das erste hat einen einzigen Wandler A D wobei die Daten durch Zusammensetzung einbexogen werden. Das zweite System hat A/D Wandler für jeden analysierten Kanal. Des Weiteren zeigt man die notwendigen Bearbeitungstypen im Studium der thermischen Motoren.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 2, 2 Bild.

DK : 621.436

Drăguţan, L., Tomescu, A. : **Anwendung von Drehzahlregler beim D — Motor 110 mit Diesel — gaseinspeisung und integral gaseinspeisung**

Im Rahmen der Forschung bezüglich der Einspeisung der Dieselmotoren in Varianten Diesel-Gas und integral Gas kami das Problem der Reproduktion der Charakteristika durch den Regler der Standardvariante mit Dieselkraftsoff auf. Der Bericht stellt vergleichweise die erhalteinen Ergebnisse vor, mit pneumatischen und mechanischen Reglern am D—110 Motor.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 2, 7 Bild., 2 Lit.

DK : 621.313

Vidraşcu, R., Muth, I.F., Bunea, V., Mascan, M. : **Moderne Quellen für elektrische Energie zur Ausstatlung der schnellaufenden Dieselmotoren der Klasse 500—1500 PS**

Vorliegender Bericht beschreibt die Entwicklung der Speisungsquellen mit elektrischer Energie, die den schnellaufenden Dieselmotoren zugedacht sind, der Klasse 500—1500 PS, die Schwerfahrzeuge ausrüsten. Es werden einige Unzulänglichkeiten vorgewiesen, die bei der Ausbeutung der ersten Lösungen aufgetreten sind, sowie die positiven Ergebnisse, die man durch Verbesserung des elektrischen Generators erhalten hat, (Gebrauch einer Variante ohne Gleitkontakte) der Gleichrichterbrücke und des Spannungsreglers.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 2, 5 Bild.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК : 621—233
621.835

Антонеску, П., Опреан, М., Петреску, Фл. : *Аналитический синтез профиля Курза в кулачке с плоским вращающимся толкателем*

Работа разрабатывает оригинальный аналитический метод проектирования профиля плоского вращающегося кулачка, приводящего в действие плоский колебательно вращающийся толкатель по заданному закону движения. Установлены законы движения, адаптированные для реализиции симетричного профиля Курза. Представленный метод применяется при использовании расчётного числового примера к синтезу профиля симетричного вращающегося кулачка, порождающего закон движения, заданный к плоскому полкателью с нулевой эксцентричностью.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 2, 6 фиг., 7 лит.

ДК : 621.431

Бэлою, С., Грюнвалд, Б., Бонкои, Ж., Винтилэ, С. : *Опытные исследования смотря соотношения между топливнои струи, архитектурои разделеннои камеры сгорания с перерывчатои работои и вращательного движения моторной жидкости*

Работа отмечает влияние конструктивных (степень сжатия, номер и диаметр отверстий распылителя) и функциональных (давление открытия форсунки, опережение начала впрыска) факторов на качественные показатели одного двигателя, снабжённого с разделённой камерой сгорания с перерывчатой работой. Имеется в виду соотношение вращательного движения моторной жидкости с числом топливных струий для улучшения степени гомогенизации смеси «воздух-топливо». Это изучение сравняет полученные данные исследований, проведенных на двигателе с результатами теоретических расчётов.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 2, 5 фиг., 9 лит.

ДК : 621.436

Бэлою, С., Грюнвалд, Б., Берчеа, О., Бонкои, Ж., Тотезан, П., Глэжа, Н., Винтилэ, С., Деспа, Н., Адамештеану, Жанина : *Аспекты смотря влияния архитектуры камеры сгорания на цифру дымности в соотношении с другими качественными показателями для наддувочного дизельного двигателя среднем мощности*

В работе представляется сравнительное изучение соотношения между цифрой дымности и другими качественными показателями имея в виду три различных камеры сгорания (две классических и одна оригинальная), предназначенных для наддувочных дизельных двигателей средней мощности. В основе аналитических и теоретических изысканий лежут опытные данные, полученные в лабораториях по газодинамике и на стенде для исследования поршневых термических двигателей.

Изыскание имел как объект оценивание эффективных и указанных качеств. Разработка этих параметров была проведена на калкуляторе.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 2, 9 фиг., 10 лит.

ДК : 621.436

Стойка, Н., Томеску, А., Дрэгуцан, Л. : *Сравнительное изучение определённых качественных показателей цикла при работе двигателя в дизельнои варианте и варианте «дизель-газ»*

Представляются определённые аспекты использования газообразных топлив при питании двигателей внутреннего сгорания и сравнительное изучение вариации указанных показателей при работе такого же двигателя в дизельном варианте и варианте «дизель-газ».

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 2, 4 фиг., 16 лит.

ДК : 621.436

Альботеану, Р., Якоблев, Н., Николеску, В. : *Некоторые аспекты, вытекающие из исследований дизельных двигателем с воздушным охолождением и с внутренним диаметром ∅ 95 — прототип*

Один из этапов окончания прогаммы осуществления одной семьи дизельных двигателей с воздушным охолождением и с внутренним диаметром 95 мм составлял из исследований каждого двигателя прототипа-представитель этой семьи. Вследствие этих исследований вытекали ряд выводов относительно способа осуществления этими двигателями технико-экономических показателей, заставляющих данными проектирования, как и некоторые потенциальные усовершенствования, которые стали бы в будущем объектом их конструктивного функционального и экономического совершенствования. Работа представляет только одну часть результатов проведенных исследований подчёркивая тех, относительно энергетического решения, придавающего продуктам повышенную уровень компетитивности.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 2, 3 фиг., 1 таб., 2 лит.

ДК : 621.431

Прокопович, Е., Тицу, К., Попеску, К. : *Анализ быстрых явлений в термических двигателях*

В работе авторы следают обзор анализированных систем быстрых явлений в термических двигателях, осуществляемых в ИНМТ.

Автояы подробно описывают две системы анализа. Первая система имеет един конвертер А/Д и подбор данных осуществляется при помощи мултиплексации. Вторая система имеет конвертер А/Д по каждому каналу. В конце работы представляются типы обработки, необходимы в иследовании термических двигателей.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 2, 2 фиг.

ДК : 621.436

Дрэгуцан, Л., Томеску, А. : *Использование некаторых регуляторов оборотов для двигателя Д—110 с жидкогазовым и полногазовым питанием*

В рамке исследований дизельных двигателей в вариантах с жидкогазовым и полногазовым питанием, был поставлен вопрос воспроизведения регуляторных характеристик стандартного варианта дизеля, работающего на жидком топливе. В статье представляются сравнительные итоги, полученные с пневматическим и механическим регулятором на двигателе Д—110.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 2, 7 фиг., 2 лит.

CZ : 621.313

Bârcă, C.T., Chitian, Al., Mitroi, P., Bardaş, C., Cristodorescu, P., Predescu, Maria, Enache, M., Fărtăiş, N. : **Frînă electrică cu recuperare pentru încercarea motoarelor termice**

Pentru verificarea performanţelor motoarelor termice sînt utilizate standuri de încercări pe care se testează în sarcină motoarele respective. Standurile de încercări utilizează, în general, frîne care nu permit recuperarea energiei folosite la verificarea motoarelor. În contextul economisirii cu maximă eficienţă a energiei şi combustibilului, au fost elaborate o serie de echipamente care să recupereze energia dezvoltată la arborele motorului de încercat şi să o transforme în energie electrică. Echipamentele de frînare electrică permit modelarea fidelă a regimurilor de încercare a motoarelor.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 2, 1 fig., 3 ref. bibl.

CZ : 629.113.5 : 621.431.73

Iacob, A., Saviuc, S., Raicu, V. : **Uşurarea pornirii motorului la temperaturi scăzute prin utilizarea unui dispozitiv complementar sistemelor electronice de aprindere**

În urma precizării influenţei unor factori asupra calităţilor de pornire în lucrare se prezintă schema-bloc şi schema de principiu a sistemului de aprindere, calculul principalelor elemente precum şi concluziile desprinse în urma încercării lui pe un autoturism FIAT 850.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 2, 8 fig., 6 ref. bibl.

CZ : 621.822

Demian, T., Micu, C.A., Curiţa, I. : **Asupra calculului durabilităţii rulmenţilor radiali cu bile pe baza caracteristicii la oboseală de contact a materialului**

În lucrare se prezintă o metodă de calcul al durabilităţii rulmenţilor radiali cu bile, în care se ţine seama de solicitarea la oboseală de contact a căilor de rulare şi a bilelor. Metoda permite să se găsească o relaţie directă între durabilitate, geometria corpurlor în contact şi comportarea la oboseala de contact a materialelor fără a mai fi necesară utilizarea cataloagelor de rulmenţi.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 2, 1 tab., 10 ref. bibl.

CZ : 662.6/8

Ghia, V, Dinu, N., Teodorescu, L. : **Combustibilii grei din petrol pentru motoarele diesel. Testarea arderii pe stand specializat**

Se prezintă un stand complex folosit pentru determinarea principalelor caracteristici de ardere ale combustibililor grei. Oscilogramele arderii obţinute generează o metodă nouă economică de optimizare a preparării combustibililor grei.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 2, 1 fig., 11 ref. bibl.

DC : 621.313

Bârcă, C.T., Chitian, Al., Mitroi, P., Bardaş, C., Cristodorescu, P., Predescu, Maria, Enache, M., Fărtăiş, N. :

For performance testing of heat engines, testing stands are used on which the respective engines are tested under load. The testing stands generally use brakes that do not permit recuperation energy used for testing the engines. Within the frame work of higly efficient fuel and energy savings certain equipaments have been designed that recuperate the energy developed by the shoft of the tested engine and convertit to electric energy. Electric braking equipements permit true modeling of engine testing loads.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 2, 1 fig., 3 bibl. paps.

DC : 629.113.5 : 621.431.73

Iacob, A., Saviuc, S,. Raicu, V. : **Facilitating the engine starting at low temperatures by using a device complementary to the electronic ignition systems**

As a result of specifying the influence of certain factors on the starting qualities, in the paper there are presented : the flow chart and the schematic diagram of the ignition system, the calculation of the main elements as well as the conclusions drawn as a result of its testing on a FIAT 850 car.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 2, 8 figs., 6 bibl. paps.

DC : 621.822

Demian, T., Micu, C.A., Curiţa, I. : **On radial ball bearings durability, depending on the material contact fatigue characteristic curve**

The paper present a radial ball bearings durability calculation method, taking account of the raceways and balls contact fatigue stress. The method leads to a direct conection between durability, the geometry of bodies beeng in contact and the materials contact fatigue behaviour, without using any bearings catalogue.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 2, 1 tab., 2 bibl. paps.

DC : 662.6/8

Ghia, V., Dinu, N., Teodorescu, L. : **Petroleum heavy fuels for diesel engines combustion. Testing on a specialized test stand**

The paper presents a complex test stand, used for the determination of the main combustion characteristics of the heavy fuels. The combustion oscillograms obtained generate a new economic method of optimizing heavy fuels preparation.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 2, 1 fig., 14 bibl. paps.

CD : 621.313

Bârcă, C.T., Chitian, Al., Mitroi, P., Bardaş, C., Cristodorescu, P., Predescu, Maria, Enache, M., Fărtăiş, N. :

Afin de vérifier les performances des moteurs thermiques on utilise des stands d'essais pour l'essai en charge de moteurs respectifs, Les stands d'essais utilisent généralement, des freins ne permettant pas la récupération de l'énergie employée lors de la vérification des moteurs. Dans le contexte de l'économie de l'énegie et du combustible à efficacité maximale, on a élaboré une série d'équipements pour récupérer l'énergie développée à l'arbre du moteur à essayer et la transformer en énergie électrique. L'équipement de freinage électrique permet la modélisation fidèle des régimes d'essai des moteurs.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 2, 1 fig., 3 réf. bibl.

CD : 629. 113.5 : 621.431.73

Iacob, A., Saviuc, S., Raicu, V. : **L'allégement du moteur aux températures réduites par l'utilisation d'un dispositif complémentaire aux systèmes électroniques d'allumage**

A la suite de la détermination de l'influence des facteurs sur les qualités de lancement dans l'oeuvre on présente : le bloc-diagramme et le schéma de principe du système d'allumage, le calcul des élèments principaux ainsi que les conclusions obtenues à la suite de son essai sur un auto FIAT 850.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 2, 8 fig., 6 réf. bibl.

CD : 621.822

Demian, T., Micu, C.A., Curiţa, I. : **Au sujet du calcul de durabilité des roulements radiaux à billes sur la base de caracteréristique à fatigue de contact**

Dans l'ouvrage on présente une méthode de calcul de la durabilité des roulements radiaux à billes, dans laquell on tient compte de la sollicitation à fatigue de contact des chemins de roulement et billes. La méthode permet de trouver une relation directe entre la durabilité, la géometrie des corps en contact et le comportement à fatigue de contact des matières sans être nécessaire l'utilisation des catalogues de roulements.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 2, 1 tab., 10 réf. bibl.

CD : 662.6/8

Ghia, V., Dinu, N., Teodorescu, L. : **Des combustibles lourds de pétrole, pour les moteurs diesel. L'essai de la combustion sur un banc spécialisé**

On présente un banc complexe utilisé pour la détermination principales caractéristiques de combustion des combustibles lourds. Les oscillogrammes de combustion obtenues engedrent une méthode nouvelle économique d'optimisation de la préparation des combustibles lourds.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 2, 1 fig., 14 réf. bibl.

DK : 621.313

Bârcă, C.T., Chitian, Al., Mitroi, P., Bardaş, C., Cristodorescu, P., Predescu, Maria, Enache, M., Fărtăiş, N. :

Für die Prüfung der Leistungen der thermischen Motoren, werden Prüfstanden verwendet, mit deren unter Belastung diese Motoren geprüft werden Könenen. Diese Prüfstanden verwenden Bremsen die Rückgewinnung der Energie nicht erlauben, die bei der Prüfung der Motoren verwendent wurde. Für die Effektive Energie — und Brennstoffeinsparung, werde eine Reihe von Ausrüstungen hergestellt, für die Rückgewinnung der Energie der prüfenden Motorwelle, die in Elektrische Energie umgeformt wird. Diese Ausrüstungen für die Elektrische Bremsung ermöglichen eine genaune Modellierung des Versuchsbetriebs der Motoren.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 2, 1 Bild., 3 Lit.

DK : 629.113.5 : 621.431.73

Iacob, A., Saviuc, S., Raicu, V. : **Erleichterung des Anlassens des Motors bei niedrigen Temperaturen durch Anwendung einer zu den elektronischen Zündsystemen komplementären Einrichtung**

Infolge der Präzisierung des Einflusses einiger Faktoren über die Anspringqualitäten werden in der Arbeit das Blockschema und das schematische Schaltbild des Zündsystems, die Berechnung der Hauptelemente sowie die infolge des Versuches des Motors an einem Personenkraftwagen FIAT 850 gezogene Schlussfolgerungen dargestellt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 2, 8 Bild., 6 Lit.

DK : 621.822

Demian, T., Micu, C.A., Curiţa, I. : **Über die Berechnung des Lebensdauerwertes für die Radialkugellager auf Grund der Werkstoffermündung**

Es wird ein Berechnungverfahren für den Lebensdaerwerte der Radialkugellager beschrieben das die direkte Verbindung zwischen die Lebensdauer, die Geometrie der im Kontakt befindlichen Körpern und die Übermündungsehalten der Werkstoffe verknüpft. Das macht die Verwendung der Kugellagerkataloge nicht mehr notwendig.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 2, 1 Taf., 10 Lit.

DK : 662.6/8

Ghia, V., Dinu, N., Teodorescu, L. : **Schwerkraftstoffe aus Erdöl für Dieselmotoren. Verbrennungsprüfung auf Spezialstand**

Es wird vorgestellt ein Komplexstand für die allgemeine Verbrennungskengrösse des Schwerkraftstoffs zu bestimmen. Die gewonnene Verbrennungsoszillogramen erzeugen eine neue, ekonomische Methode für optimisierung des Schwerkraftsoffs präparation.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 2, 1 Bild., 14 Lit.

ДК : 621.313

Видрашку, Р., Мут, И., Бунеа, В., Маскан, М. : *Современные источники питания электрической энергией, предназначенные для быстрых дизельных двигателем из классы 500—1500 л.с.*

Работа описывает эволюцию источников питания мощностной электрической энергией, предназначенных для быстрых дизельных двигателей из классы 500—1500 л.с., снабжающих тяжёлые автомобили. Отмечаются один недостатки, появляющие в эксплуатации, после первых предлогаемых решений, как и положительные результаты, достигнутые при усовершенствовании электрического генератора (использование варианта без скользящего контакта), выпрямительного моста и регулятора напряжения.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 2, 5 фиг.

ДК : 621.313

Быркэ, К.Т., Китиан, Ал., Митрой, П., Бардаш, К., Кристодореску, П., Предеску, Мариа, Енаке, М., Фертэйш, Н. : *Тормоз с рекуперации потребляемой энергии, при проверке тепловых двигателей*

Для проверке достижений тепловых двигателей, используются испытательные стенды, на которых испытываются данные нагруженные двигатели. В испытательных стендах используются, в общем, тормозы без рекуперации потребляемой энергии, при проверке двигателей. В области более эффективной экономии энергии и топлива, разработалась серия оборудования, предназначенного рекуперации энергии, развитой на валу испытательного привола и её преобразования в электрическую. Оборудование для электрического торможения допускает точную регулировку испытательных режимов двигателей.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 2, 1 фиг., 3 лит.

ДК : 629.113.5: 621.431.73

Якоб, А., Савюк, С., Райку, В. : *Облегчение пуска двигателя при пониженных температурах применением вспомогательного устройства для электронных систем зажигания*

В результате уточнения влияния некоторых факторов на качества пуска двигателя в работе представлены : блок-схема и принципиальная схема системы зажигания, расчет основных элементов, а также и выводы полученные вследствие его испытания на легковом автомобиле ФИАТ 850.

Construcţia de maşini, 40 (1988),

ДК : 621.822

Демиан, Т., Муку, К.А., Курица, И. : *Определение дольговечности радиальных подшипниках качения на основе характеристики контактной устальности материала*

Работа решает задачи определения дольговечности радиальных подшипниках качения на основе контактной устальности дорожек качения и шариков. Метод позволяет находить связь между дольговечность и геометрия контактирующих тел и отношение контактной устальности материяла, в отсутсвии подшипниках качения каталога.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 2, 1 таб., 10 лит.

ДК : 662.6/.8

Гия, В., Дину, Н., Теодореску, Л. : *Тяжёлые топлива из нефти для дизельных двигателей. Испытание горения на специализированым стенде*

Представляется комплексный стенд использован для определения основных характеристик горения тяжёлых топлив. Полученные осцилограмы горения генерируют новый экономический метод оптимизации приготовления тяжолых топлив.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 2, 1 фиг., 14 лит.

Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Construcțiilor de Mașini, înființat încă din anul 1965, are o bogată experiență în cercetare și proiectare tehnologică specifică pentru construcțiile de mașini. În cadrul Institutului se desfășoară trei tipuri de activități:

1. Cercetarea de procese tehnologice (metode de fabricație) noi în cadrul laboratoarelor special amenajate pentru experimentarea și optimizarea procedeelor, regimurilor sau rețetelor tehnologice precum și cercetarea în vederea asimilării în fabricația de serie a unor echipamente și produse noi în domeniile: prelucrări prin așchiere, ștanțare, ambutisare și prin tehnologii neconvenționale, manipulare automată montaj mecanizat și automatizat, acoperiri de protecție și decorative, control activ, interoperațional și final.

2. Elaborarea de tehnologii integrate și sisteme complexe de fabricație pentru prelucrarea unor piese sau grupe de piese sau produse, cu adoptarea celor mai eficiente procedee, inclusiv proiectarea mașinilor speciale, dispozitivelor și sculelor.

3. Execuția, în limita capacităților propriului său atelier, a echipamentelor tehnologice proiectate. Acordarea de asistență tehnică pentru punerea în funcțiune la parametrii proiectați a proiectelor elaborate.

ICTCM EFECTUEAZĂ: ● Studiul problemelor tehnologice individuale sau legate de realizarea unui anumit produs ; ● Elaborarea de procedee tehnologice noi sau dezvoltarea și îmbunătățirea unor tehnologii existente ; ● Experimentarea în laborator și în producție a procedeelor elaborate ; ● Întocmirea proiectelor de execuție pentru liniile, mașinile dispozitivele sau sculele necesare aplicării tehnologiilor elaborate ; ● Întocmirea proiectelor de utilare tehnologică a secțiilor sau atelierelor în care se vor realiza tehnologiile respective ; ● Construcția în ateliere proprii a utilajelor proiectate ; ● Execuția de prototipuri de mașini și dispozitive și experimentarea acestora în vederea introducerii lor în fabricația de serie ; ● Elaborarea de metode de măsură și control interoperații și final, proiectarea și executarea utilajelor necesare controlului și sortării cu diferite grade de automatizare ; ● Proiectarea și eexcutarea de bancuri de probă pentru studii de laborator și fabricația de serie ; ● Organizarea fabricației, transportului intern și depozitării în secțiile și atelierele destinate aplicării noilor tehnologii, planificarea și urmărirea producției ; ● Elaborarea de sisteme pentru automatizarea pregătirii tehnologiei precum și pentru planificare, lansare și urmărire cu ajutorul calculatorului electronic ; ● Acordarea de asistență tehnică pentru aplicarea procedeelor tehnologice elaborate și pentru punerea în funcțiune a utilajelor proiectate și executate; ● Acordarea de licențe, know-how și punerea la dispoziție a documentației de execuție pentru lucrările executate de institut.

CZ : 621-233 : 621.835

Sinteza analitică a profilului Kurz la cama cu tachet plat rotativ

Conf. dr. ing. Păun **ANTONESCU**, șef lucr. dr. ing. Mircea **OPREAN**,
asist. ing. Florian **PETRESCU** — Institutul Politehnic București

Introducere

Mecanismele cu camă și tachet sînt utilizate la motoarele cu ardere internă pentru comanda deschiderii supapelor [1].

Cel mai des utilizate sînt mecanismele cu camă rotativă și tachet plat cu mișcare de translație sau de rotație. Acestea prezintă avantajul unor unghiuri de presiune mici și constante (eventual chiar nule), favorizînd astfel transmiterea mișcării de la camă la tachet în condiții optime [2, 3, 7].

În lucrare se prezintă sinteza unui mecanism cu camă rotativă și tachet plat rotativ, folosit în cadrul mecanismului de distribuție prin supape la motoarele cu ardere internă, cu arbore cu came în chiulasă (fig. 1). Acesta prezintă, față de mecanismul clasic cu tachet plat de translație și arbore cu came în bloc, avantajul compactității și rigidității mai mari [4, 5].

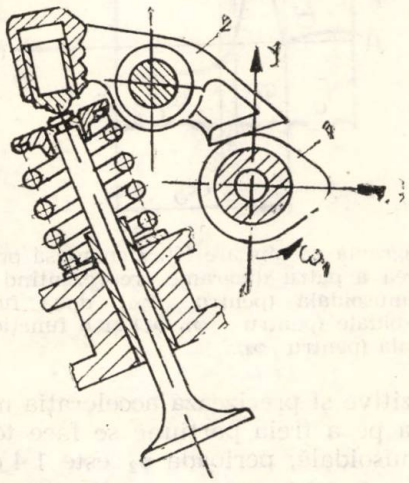


Fig. 1 Schema constructivă a mecanismului de distribuție cu arborele cu came montat în chiulasa motorului cu ardere internă.

Proiectarea camei cu tachet plat rotativ

Se consideră mecanismul cu camă rotativă și tachet plat rotativ (fig. 2), cu excentricitate zero și unghiul de presiune nul, la care s-au construit în punctul A vitezele conform ecuației :

$$\overline{V}_{A_2} = \overline{V}_{A_1} + V_{A_2A_1} \qquad (1)$$

Dacă se adoptă pentru planul vitezelor rabătute [2, 3] scara $k_v = \omega_1 \cdot k_l$, menținîndu-se polul vitezelor P în punctul A, triunghiul

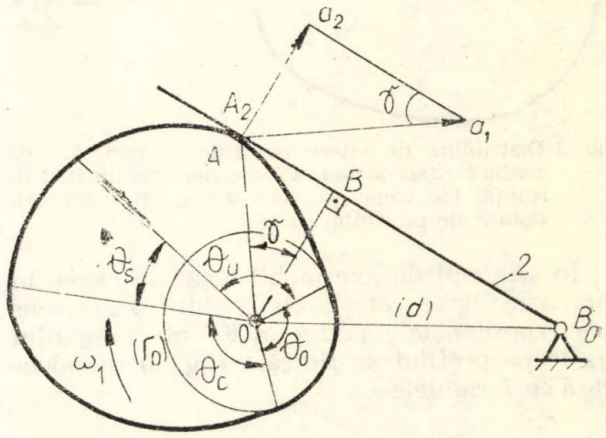


Fig. 2 Distribuția de viteze în punctul de contact camă-tachet. Precizarea unghiurilor caracteristice ale profilului camei.

(Pa_1a_2) coincide cu triunghiul (AOB) din planul mecanismului în poziția considerată (fig. 3), rezultînd :

$$\frac{V_{A_2}}{\omega_1} = \overline{AB} = \rho \frac{d\Psi}{d\varphi} \qquad (2)$$

În relațiile (2) $\rho = \overline{B_0O}$ și reprezintă modulul razei vectoare $\vec{\rho}$ de mărime și direcție variabilă pe parcursul ciclului cinematic, fiind funcție de unghiul ψ ce redă poziția tachetului la un moment dat față de poziția inițială, determinată la rîndul ei de unghiul ψ_o (fig. 3).

Mărimea lui ρ rezultă din triunghiul (OBB_0), în funcție de $\overline{OB_0} = d =$ constant și observînd că $\overline{B_0B} = \overline{B_0A} - \overline{AB}$:

$$\rho = \frac{d\cos(\psi_o + \psi)}{1 - \frac{d\psi}{d\varphi}} \qquad (3)$$

Dacă se impune d și se alege r_0 (raza cercului de bază) se calculează unghiul ψ_o cu relația :

$$\psi_o = \arcsin \frac{r_0}{d} \qquad (4)$$

Pentru o lege de mișcare dată, $\psi = \psi(\varphi)$, se calculează ρ cu formula (3).

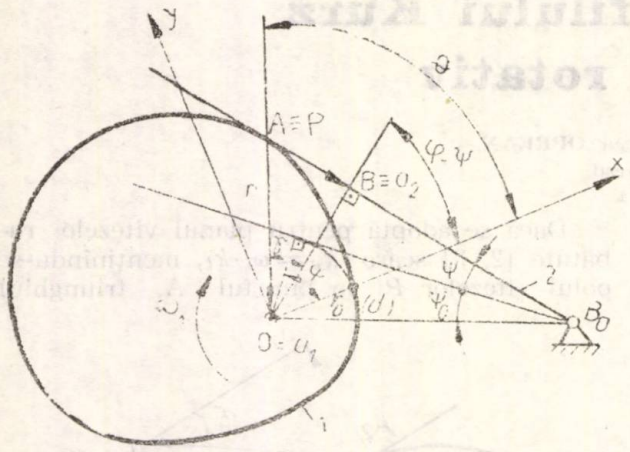


Fig. 3 Distribuția de viteze rabătute în punctul de contact camă-tachet. Precizarea unghiurilor de rotație ale camei și tachetului. Coordonatele polare ale profilului camei.

În sistemul de axe mobil legat de camă, în care axa Ox se rotește cu unghiul φ în sens orar, coordonatele polare r, θ ale punctului A_1, de pe profilul de ridicare (fig. 3) se calculează cu formulele :

$$r = d\sqrt{\sin^2(\psi_0 + \psi) + \left(\frac{\rho}{d}\right)^2\left(\frac{d\psi}{d\varphi}\right)^2} \qquad (5)$$

$$\theta = \varphi - \psi + \gamma \qquad (6)$$

În formula (6) unghiul γ se calculează (fig. 2), cu relația :

$$\gamma = \operatorname{arc\,tg} \frac{\rho \dfrac{d\psi}{d\varphi}}{d\sin(\psi_0 + \psi)} \qquad (7)$$

Unghiul ψ din (6) ia valori în intervalul $[0, \psi_M]$, iar unghiul φ variază de asemenea de la zero la valoarea maximă φ_u. Considerînd o cămă simetrică se vor face calculele numai pentru urcare (fig. 4).

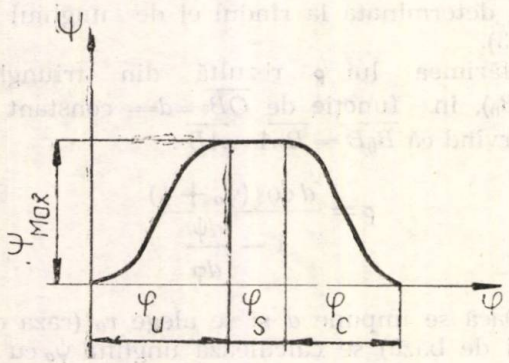


Fig. 4 Diagrama de variație a deplasării unghiulare a tachetului rotativ în funcție de unghiurile de rotație ale camei la urcare, staționare (pe cercul de vîrf) și la coborîre.

Legea de mișcare Kurz pentru tachetul rotativ

Profilul Kurz este avantajos la motoarele moderne [1], care funcționează la turații ridicate, el asigurînd valori moderate pentru viteze și accelerații.

Un asemenea profil realizează legea de mișcare a cărei diagramă este alcătuită din patru componente distincte (fig. 5).

Diagrama de ridicare pe prima porțiune este o cosinusoidă, iar intervalul φ_0 reprezintă 1/4 de undă ; această cosinusoidă asigură racordarea în punctul A dintre cercul primitiv (evazat cu jocul termic) și profilul de ridicare efectivă [1]. Legea de ridicare pe a doua porțiune este o sinusoidă, iar intervalul φ_1 reprezintă 1/2 de undă ; legea sinusoidală corespunde accelera-

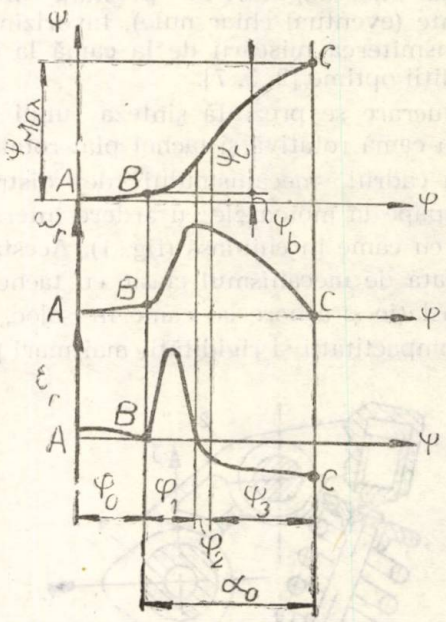


Fig. 5 Diagrama de mișcare Kurz compusă prin racordarea a patru diagrame reprezentînd : funcția cosinusoidală (pentru φ_0), două funcții sinusoidale (pentru φ_1, φ_2) și o funcție polinomială (pentru φ_3).

țiilor pozitive și precizează accelerația maximă. Ridicarea pe a treia porțiune se face tot după o lege sinusoidală, perioada φ_2 este 1/4 de undă și corespunde trecerii de la accelerațiile pozitive la cele negative. În fine, ridicarea pe ultima parte, φ_3, se face după o lege polinomială de gradul patru. În continuare se prezintă legile de ridicare pentru profilul Kurz pe cele patru porțiuni, precum și vitezele și accelerațiile relative respectiv :

Prima porțiune — intervalul $0 \leqslant \alpha \leqslant \varphi_0$; $\varphi \in [0, \varphi_0]$

$$\psi = \psi_b\left(1 - \cos\frac{\pi}{2\varphi_0}\alpha\right) \qquad (8)$$

$$\omega_r = \frac{d\psi}{d\varphi} = \frac{d\psi}{d\alpha} = \psi_6 \frac{\pi}{2\varphi_0} \sin \frac{\pi}{2\varphi_0} \alpha \quad (9)$$

$$\varepsilon_r = \frac{d^2\psi}{d\varphi^2} = \frac{d^2\psi}{d\alpha^2} = \psi_6 \left(\frac{\pi}{2\varphi_0}\right)^2 \cos \frac{\pi}{2\varphi_0} \alpha \quad (10)$$

A doua porțiune — intervalul $0 \leqslant \alpha \leqslant \varphi_1$; $\varphi \in [\varphi_0, \varphi_0 + \varphi_1]$

$$\psi = \psi_b + c_{11}\alpha - c_{12} \sin \frac{\pi}{\varphi_1} \alpha \quad (11)$$

$$\omega_r = \frac{d\psi}{d\alpha} = c_{11} - c_{12} \frac{\pi}{\varphi_1} \cos \frac{\pi}{\varphi_1} \alpha \quad (12)$$

$$\varepsilon_r = \frac{d^2\psi}{d\alpha^2} = c_{12} \left(\frac{\pi}{\varphi_1}\right)^2 \sin \frac{\pi}{\varphi_1} \alpha \quad (13)$$

La capătul celui de-al doilea interval, pentru $\alpha = \varphi_1$, se obține din (11) mărirea unghiului ψ_{1f}:

$$\psi_{1f} = \psi_b + c_{11}\varphi_1 \quad (11')$$

A treia porțiune — intervalul $0 \leqslant \alpha \leqslant \varphi_2$; $\varphi \in [\varphi_0 + \varphi_1, \varphi_0 + \varphi_1 + \varphi_2]$

$$\psi = \psi_{1f} + c_{21}\alpha + c_{22} \sin \frac{\pi}{2\varphi_2} \alpha \quad (14)$$

$$\omega_r = \frac{d\psi}{d\alpha} = c_{21} + c_{22} \frac{\pi}{2\varphi_2} \cos \frac{\pi}{2\varphi_2} \alpha \quad (15)$$

$$\varepsilon_r = \frac{d^2\psi}{d\alpha^2} = -c_{22} \left(\frac{\pi}{2\varphi_2}\right)^2 \sin \frac{\pi}{2\varphi_2} \alpha \quad (16)$$

Din relația (14), se obține pentru unghiul ψ la finele intervalului ($\alpha = \varphi_2$) expresia:

$$\psi_{2f} = \psi_{1f} + c_{21}\varphi_2 + c_{22} \quad (14')$$

A patra porțiune — intervalul $0 \leqslant \alpha \leqslant \varphi_3$; $\varphi \in [\varphi_0 + \varphi_1 + \varphi_2, \varphi_0 + \varphi_1 + \varphi_2 + \varphi_3]$

(17)

$$\psi = \psi_{2f} + c_{31}(\varphi_3 - \alpha)^4 - c_{32}(\varphi_3 - \alpha)^2 + c_{33}$$

(18)

$$\omega_r = \frac{d\psi}{d\alpha} = -4c_{31}(\varphi_3 - \alpha)^3 + 2c_{32}(\varphi_3 - \alpha)$$

$$\varepsilon_r = \frac{d^2\psi}{d\alpha^2} = 12c_{31}(\varphi_3 - \alpha)^2 - 2c_{32} \quad (19)$$

Din condițiile inițiale de continuitate (la trecerea de la o porțiune la alta din diagrama de mișcare) se obțin relațiile:

(20)

$$\psi_{3f} = \psi_b + \psi_c; \quad c_{11}\varphi_1 + c_{21}\varphi_2 + c_{22} + c_{33} - \psi_c = 0$$

$$\psi_{3i} = \psi_{2f}; \quad c_{31}\varphi_3^4 - c_{32}\varphi_3^2 + c_{33} = 0 \quad (21)$$

$$\omega_{r_1 i} = \omega_{r_0 f}; \quad c_{11} - c_{12} \frac{\pi}{\varphi_1} - \omega_{r_0 f} = 0 \quad (22)$$

(23)

$$\omega_{r_2 i} = \omega_{r_1 f}; \quad c_{11} + c_{12} \frac{\pi}{\varphi_1} - c_{21} - c_{22} \frac{\pi}{2\varphi_2} = 0$$

$$\omega_{r_3 i} = \omega_{r_2 f}; \quad c_{21} + 4c_{31}\varphi_3^3 - 2c_{32}\varphi_3 = 0 \quad (24)$$

(25)

$$\varepsilon_{r_3 i} = \varepsilon_{r_2 f}; \quad c_{22} \left(\frac{\pi}{2\varphi^2}\right)^2 + 12c_{31}\varphi_3^2 - 2c_{32} = 0$$

Necunoscutele sînt coeficienții c_{ij}, în număr de șapte, astfel încît pentru rezolvarea sistemului de șase ecuații cu șapte necunoscute se mai impune o relație suplimentară de forma:

$$z = \frac{\varepsilon_{r_2 f}}{\varepsilon_{r_3 f}} \text{ sau } c_{22} \left(\frac{\pi}{2\varphi_2}\right)^2 - 2zc_{32} = 0 \quad (26)$$

în care z se alege [1] în limitele $z = 0{,}6 \ldots 0{,}75$. Se rezolvă noul sistem de 7 ecuații cu 7 necunoscute, obținîndu-se coeficienții c_{ij}:

$$c_{11} = \frac{b_1\omega_{r_0 f} + b_2\psi_c}{2b_1 + b_2 \cdot \varphi_1}; \quad c_{12} = (c_{11} - \omega_{r_0 f}) \frac{\varphi_1}{\pi};$$

$$c_{32} = \frac{2c_{11} - \omega_{r_0 f}}{b_2}; \quad c_{21} = c_{32} \cdot k_3; \quad c_{22} = c_{32} \cdot k_1;$$

$$c_{31} = c_{32} \frac{1 - z}{6\varphi_3^2}; \quad c_{33} = c_{32} \cdot k_2 \quad (27)$$

unde:

(28)

$$k_1 = 8z \left(\frac{\varphi_2}{\pi}\right)^2; \quad k_2 = \frac{5 + z}{6} \varphi_3^2; \quad k_3 = \frac{4 + 2z}{3} \varphi_3$$

$$b_1 = k_1 + k_2 + h_3\varphi_2; \quad b_2 = k_3 + 4z \frac{\varphi_2}{\pi};$$

În (9) facem $\alpha = \varphi_0$ și obținem o relație între $\omega_{r_0 f}$ (viteza unghiulară redusă a tachetului) și φ_0 (unghiul de racordare între cercul de bază evazat cu jocul termic și cercul de bază teoretic).

$$\varphi_0 = \psi_b \frac{\pi}{2\omega_{r_0 f}} \quad (29)$$

În relația (29) $\omega_{r_0 f}$ se impune din experiență și rezultă φ_0 (orientativ $\omega_{r_0 f} = 0{,}019 \ldots 0{,}05$). Unghiurile propriu-zise de ridicare (din legea de mișcare compusă) $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ se determină cu relațiile (30—32) în funcție de unghiul de

deschidere α_0 din legea de mișcare (fig. 5) și două constante C_{s_1} și C_{s_2} determinate experimental [1] :

$$\varphi_1 = \frac{\alpha_0}{C_{s_1}} \tag{30}$$

$$\varphi_2 = C_{s_2} \cdot \varphi_1 \tag{31}$$

$$\varphi_3 = \alpha_0 - \varphi_1 - \varphi_2 \tag{32}$$

unde :

$$C_{s_1} \in [2{,}5—4] \; ; \quad C_{s_2} \in [0{,}15—0{,}5]$$

Din (6) și (7) pentru $\varphi = \varphi_u$ și $\psi = \psi_M$ (fig. 4) rezultă $\gamma_f = 0$ și θ_u unghiul de urcare de pe profilul camei (fig. 2, 3) :

$$\theta_u = \varphi_u - \psi_M \tag{33'}$$

sau

$$\theta_u = \varphi_0 + \alpha_0 - \psi_M \tag{33}$$

Exemplu de calcul

Cu ajutorul metodei prezentate, în lucrare s-a elaborat un program de calcul analitico-numeric, cu ajutorul căruia au fost studiate mai multe variante de profile de came cu tachet plat rotativ, realizînd aceeași lege de mișcare de tip Kurz.

Pentru exemplificare se prezintă un astfel de profil de camă (fig. 6) obținut pentru urcare, pornindu-se de la următoarele date de calcul :

$\psi_b = 0{,}013$ rad ; $\psi_c = 0{,}21$, rad ; $z = 0{,}625$;

$\zeta_{rof} = 0{,}039$; $\alpha_0 = 1{,}13446$ rad ; $c_{s1} = 3{,}0$;

$c_{s2} = 0{,}3$; $r_0 = 19{,}5$ mm ; $d = 30$ mm.

Pentru o ridicare maximă a tachetului $h_{c_{max}} = 5{,}11$ (mm), apropiată de cea a tachetului de translație de la mecanismul de distribuție al motorului autovehiculului Dacia 1300 ($h_{c_{max}} = 5{,}15$ mm) viteza redusă maximă a tachetului rotativ este $v_{r_{max}} = 4{,}85$ (mm/rad) față de 11,02 (mm/rad), iar accelerația redusă maximă este $a_{r_{max}} = 16{,}82$ (mm/rad^2) față de 41,36 (mm/rad^2).

În **concluzie** :

— metoda prezentată (de sinteză analitică a mecanismului cu camă rotativă și tachet plat rotativ oscilant) este originală, lucrarea urmărind totodată adaptarea profilului Kurz [1, 6], la acest tip de cuplă cinematică ;

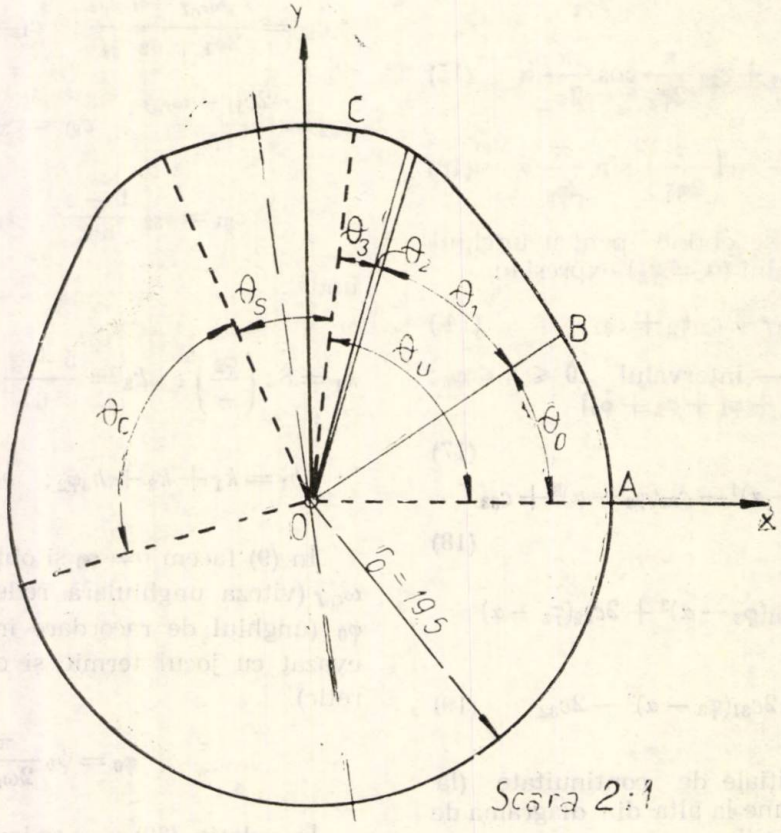


Fig. 6 Profilul camei rotative (scara 2 : 1) construit prin puncte cu ajutorul coordonatelor polare rezultate din programul de calcul.

— mecanismul prezentat este superior mecanismului clasic, din punct de vedere al comportării dinamice ca urmare a micșorării valorilor vitezelor și accelerațiilor reduse ale elementului condus ;

— are loc o scădere a gradului de uzură a tachetului în funcționare, datorată variației punctului de contact pe acesta ;

— soluția constructivă analizată, la utilizarea în cadrul unui mecanism de distribuție, permite îmbunătățirea performanțelor energetice ale motorului, concomitent cu reducerea consumului specific de combustibil și a concentrației de substanțe poluante din gazele de evacuare.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Grunwald, B.* : Teoria, calculul și construcția motoarelor pentru autovehicule rutiere. EDP, București, 1980.

[2] *Antonescu, P.* : Sinteza, mecanismelor. Lito I.P. București, 1983.

[3] *Antonescu, P., Petrescu, Fl.* : Metodă analitică de sinteză a mecanismului cu camă și tachet plat. SYROM'85, vol. III—1, pag. 11—20.

[4] *Antonescu, P., Oprean, M., Petrescu, Fl.* : Contribuții la sinteza mecanismului cu camă oscilantă și tachet plat oscilant. SYROM'85 vol. III—1, pag. 21—28.

[5] *Antonescu, P., Oprean, M., Petrescu, Fl.* : La projection de la came oscilante chez les mechanismes a distribution variable Lucrările celei de a V-a conferințe MATMA, vol. I, 21—22 nov. 85, Brașov, pag. M—241—M—246.

[6] *Oprean, M.* : The characteristics of a cam profil for the ballistic motion of the inlet valve in a spark ignition engine, related to increasing the fuel economy and decreasing the exhaust emissions SYROM 85, vol. IV, pag. 197—206.

[7] *Antonescu, P., Oprean, M., Petrescu, Fl.* : Proiectarea profilului Kurz al camei rotative ce acționează tachetul plat oscilant cu dezaxare. Lucrările celui de al III-lea Simpozion național PRASIC, vol. 2, 11—13 dec. 1986, Brașov, pag. 151—160.

CZ : 621.431

Cercetări experimentale privind corelația dintre jetul de combustibil, arhitectura camerei de ardere divizate cu funcționare intermitentă și mișcarea de rotație a fluidului motor

Ing. Sergiu **BĂLOIU**, subing. Silvia **VINTILĂ** — I.N.M.T. București
Prof. dr. ing. Berthold **GRÜNWALD** — Institutul Politehnic București
Ing. Ion **BONCOI** — MEFIN Sinaia

În lucrări publicate anterior [3 . . . 9], s-au definit particularitățile constructiv-funcționale ale camerei de ardere divizate cu funcționare intermitentă (CADFI).

Investigațiile experimentale privind optimizarea soluției originale au urmărit să determine influența unor factori constructivi (raportul de comprimare, numărul de jeturi al pulverizatorului) și funcționali (presiunea de deschidere a injectorului, avansul la injecție), în interdependența lor reciprocă, asupra calității procesului de formare a amestecului și arderii.

Existența mișcării de rotație a fluidului motor, în cazul camerei de ardere divizate cu funcționare intermitentă permite utilizarea unui injector cu mai multe jeturi, la fel ca în cazul camerelor de ardere unitare. Definirea intensității acestei mișcări, în cadrul unor cercetări experimentale și teoretice anteriore [4, 5], a permis restrîngerea cîmpului investigației experimentale la numai 3 variante : pulverizator cu 7,6 și respectiv 5 orificii.

Otimizarea numărului de jeturi ale pulverizatorului permite utilizarea eficientă a aerului din cilindru și deci favorizează mocromixtura.

Variația numărului de jeturi, în condițiile menținerii constante a secțiunii echivalente de trecere, presupune modificarea penetrației jetului și a finetii pulverizării. Aceleași efecte sînt obținute și prin schimbarea presiunii de deschidere a acului injectorului.

Parametrii ce urmează a fi determinați pe cale experimentală au o influență hotărîtoare asupra gradului de omogenizare a amestecului aer-combustibil și, prin aceasta, asupra componentei fizice a întîrzierii la autoaprindere, fază pregătitoare cu implicații majore asupra performanțelor globale ale motorului.

Ca urmare a calculului mișcării de rotație a fluidului motor în cursa de comprimare, ținînd seama de forțele de frecare [5], calcul efectuat pe baza datelor experimentale de gazodinamică [4], atît pentru soluția originală (CADFI), cît și pentru soluția de referință prevăzută cu camă de ardere unitară (CU), s-au determinat următoarele valori ale vitezelor unghiulare maxime în zona PMI :

ω^{*}_{max} = 1329,93 rad/s la 355° R.A. pentru CU ;

ω^*_{max} = 1141,34 rad/s la 350° R.A. pentru CADFI.

Se precizează că soluția originală (CADFI), care constituie obiectul studiului de față, asigură funcționarea motorului în regim de cameră divizată, compartimentul separat și canalul inelar de legătură formîndu-se cu intermitență numai în zona PMI [3 . . . 9].

Reducerea diametrului cupei situate în piston, de la 95 mm (CU) la 76 mm (CADFI), presupune micșorarea penetrației jetului de combustibil. Pentru aceasta nu s-a avut în vedere numai calea micșorării presiunii de deschidere a acului injectorului, ci și scăderea diametrului orificiilor pulverizatorului. Rezultă implicit o modificare a numărului de jeturi ale acestuia, cerință reclamată și de faptul că $\omega^*_{max\ CADFI} < \omega^*_{max\ CU}$.

S-a apreciat, în consecință, necesitatea experimentării unor pulverizatoare cu 5,6 și 7 jeturi avînd aceeași secțiune totală echivalentă și care au fost reglate la presiunile : p_d = 165 kgf/cm^2 ; 190 kgf/cm^2 ; 215 kgf/cm^2 ; 240 kgf/cm^2 ; 265 kgf/cm^2 și 290 kgf/cm^2.

Pentru o geometrie dată a CADFI, s-au estimat a fi experimentate 45 de variante, dar cîmpul investigațiilor experimentale parcurs efectiv a fost extins la 56 variante pentru ε = = 13,5 și 49 variante pentru ε = 16,2.

Se remarcă faptul că, pentru ambele rapoarte de comprimare, numărul de jeturi optim este de 6, iar presiunea de deschidere a acului injectorului este de 215 kgf/cm^2; în schimb valorile avansurilor optime sînt diferite.

Experimentările s-au desfășurat pe un motor monocilindric cu cilindreia de 3,31 dm^3.

Influența numărului de orificii ale pulverizatorului

După optimizarea presiunilor de deschidere a injectorului, precum și a avansurilor la injecție, pentru fiecare dintre variantele experimentate (cu 5,6 și respectiv 7 jeturi), s-a procedat la ridicarea unor caracteristici de sarcină la

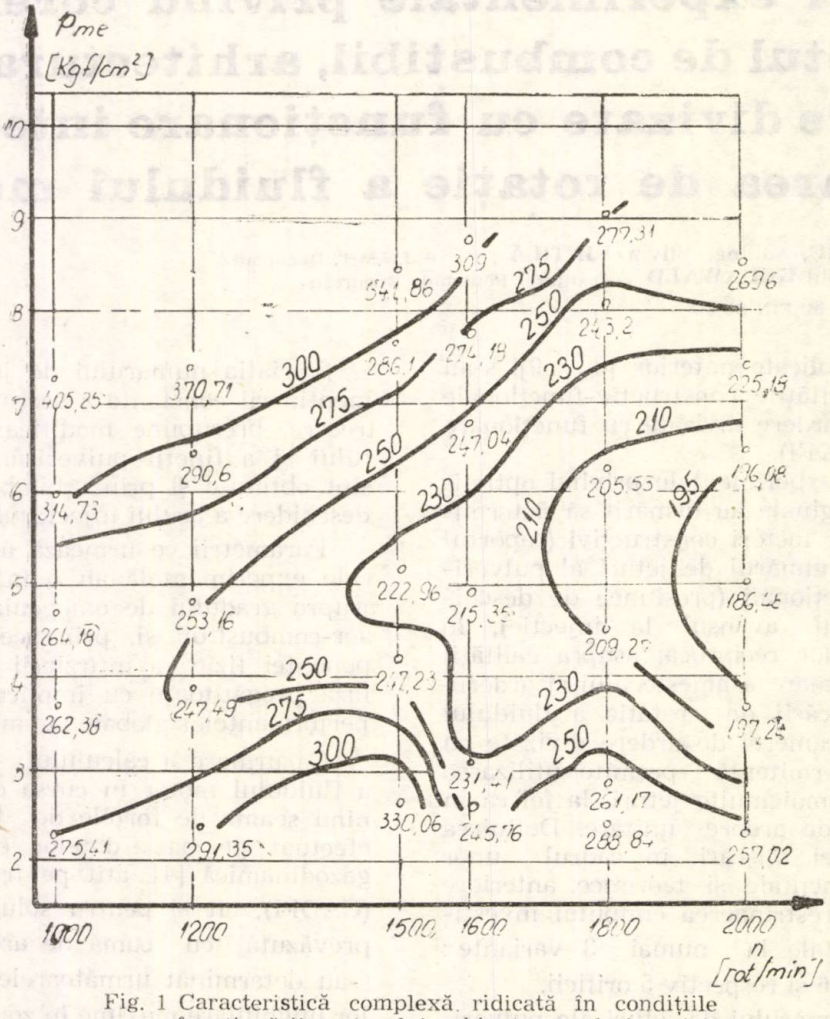


Fig. 1 Caracteristică complexă ridicată în condițiile funcționării motorului echipat cu soluția originală a raportului de comprimare ε = 16,2. Varianta : pulverizator cu 7 orificii și p_d = 215 kgf/cm^2

turațiile de 1000 rot/min, 1200 rot/min, 1500 rot/min, 1600 rot/min, 1800 rot/min și 2000 rot/min. Pe baza lor s-au trasat caracteristicile complexe prezentate în figurile 1, 2 și 3, corespunzătoare funcționării motorului cu pulverizatoare prevăzute cu 7,6 și respectiv 5 orificii.

sarcini cuprinse între 40% și 100%. Pentru varianta cu 5 jeturi, cîmpul acestei curbe de izoconsum se restrînge în jurul turațiilor de 1600÷1800 rot/min. și sarcinii de 50%÷70%.

Varianta cu 6 jeturi (fig. 2) este singura din cele trei care posedă un pol de 185 g/CP×h

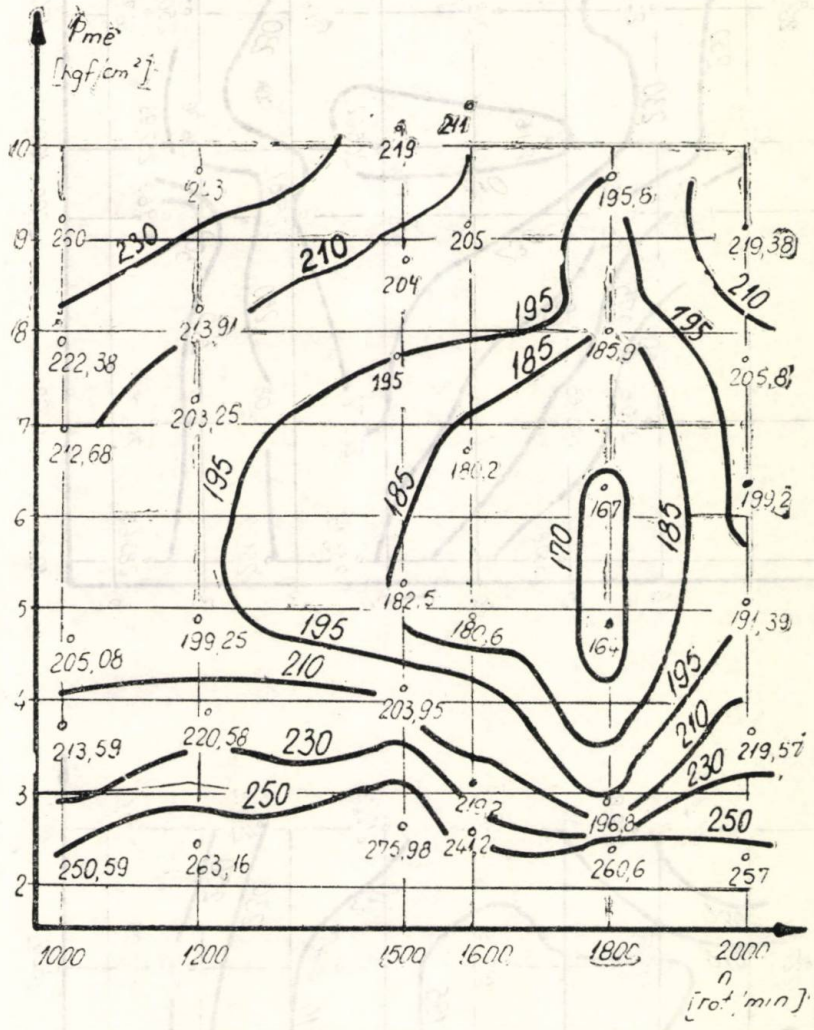


Fig. 2 Caracteristică complexă ridicată în condițiile funcționării motorului echipat cu soluția originală la raportul de comprimare $\varepsilon = 16{,}2$. Varianta: pulverizator cu 6 orificii și $p_d = 215$ kgf/cm².

Comparînd curbele de izoconsum obținute ca urmare a funcționării motorului echipat cu camera de ardere divizată cu funcționare intermitentă, la care s-a schimbat succesiv numărul de jeturi, se observă consumurile specifice de combustibil mai reduse, înregistrate de varianta cu 6 jeturi. Astfel, curba corespunzătoare consumului de combustibil de 195 g/CP×h, care pentru varianta cu 7 jeturi cuprinde o zonă restrînsă în jurul turației de 2000 rot/min și a sarcinii de 55%, pentru varianta cu 6 jeturi se extinde pe un domeniu larg de turații cuprinse între 1200 și 2000 rot/min. și situat între turațiile de 1500÷1900 rot/min și sarcinile de 50%÷85%. Se reține de asemenea existența unui pol de 170 g CP×h.

Influența raportului de comprimare

În figura 4 se prezintă caracteristica complexă obținută din caractersticile de sarcină ridicate în condițiile funcționării motorului echipat cu soluția originală, la un raport de comprimare $\varepsilon = 13{,}5$. S-au parcurs aceleași regimuri de funcționare ca și în cazul precedent, după ce s-au optimizat numărul de jeturi

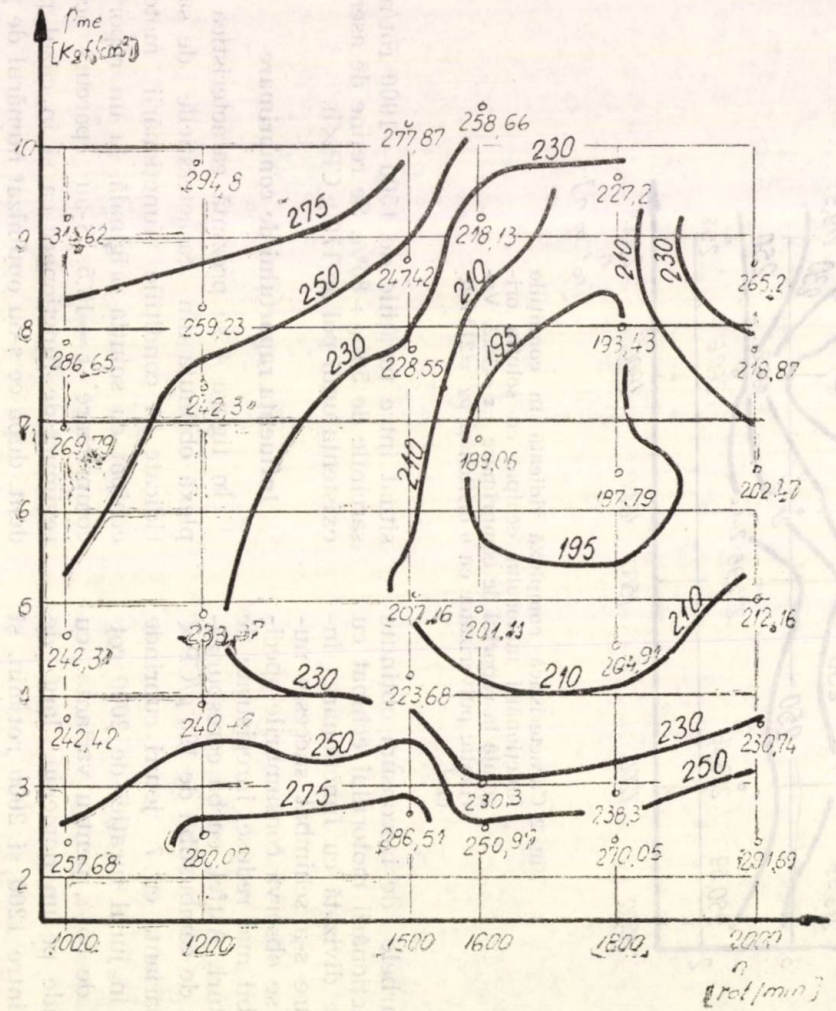


Fig. 3 Caracteristică complexă ridicată în condițiile funcționării motorului echipat cu soluția originală la raportul de comprimare $\varepsilon = 16{,}2$. Varianta: pulverizator cu 5 orificii și p_a = 215 kgf/cm².

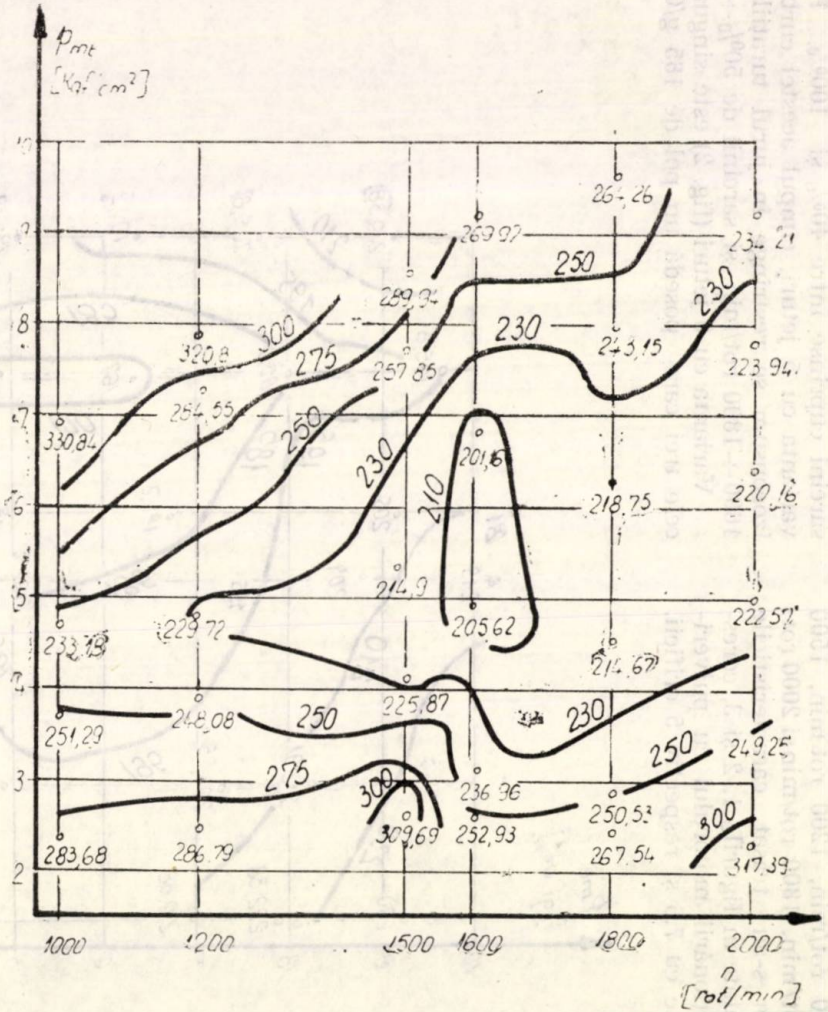


Fig. 4 Caracteristică complexă ridicată în condițiile funcționării motorului echipat cu soluția originală la raportul de comprimare $\varepsilon = 13{,}5$. Pulverizatorul este prevăzut cu 6 orificii iar presiunea de deschidere a acului injectorului p_a = 215 kgf/cm².

ale pulverizatorului, presiunea de deschidere a injectorului și avansurile la injecție.

Comparînd caracteristica complexă trasată pentru varianta optimizată la raportul de comprimare $\varepsilon = 16{,}2$ (6 jeturi, $p_d = 215$ kgf/cm^2) și prezentată în figura 2, cu aceeași caracteristică trasată pentru varianta optimizată la raportul de comprimare = 13,5 (6 jeturi, $P_d =$ 215 kgf/cm^2) prezentată în figura 4, se poate

Astfel, polul consumului specific minim de 210 g/CP×h, pentru raportul de comprimare $\varepsilon = 13{,}5$ are o întindere redusă fiind situat în jurul turației de 1600 rot/min. și a sarcinii de 55%—70% (în cazul raportului de comprimare $\varepsilon = 16{,}2$), cuprinde o zonă vastă ce înglobează practic, pentru sarcini cuprinse între 40% și 100%, tot cîmpul de turații investigat experimental. În acest cîmp sînt conținute bineînțeles și curbele de izoconsum corespunzătoare

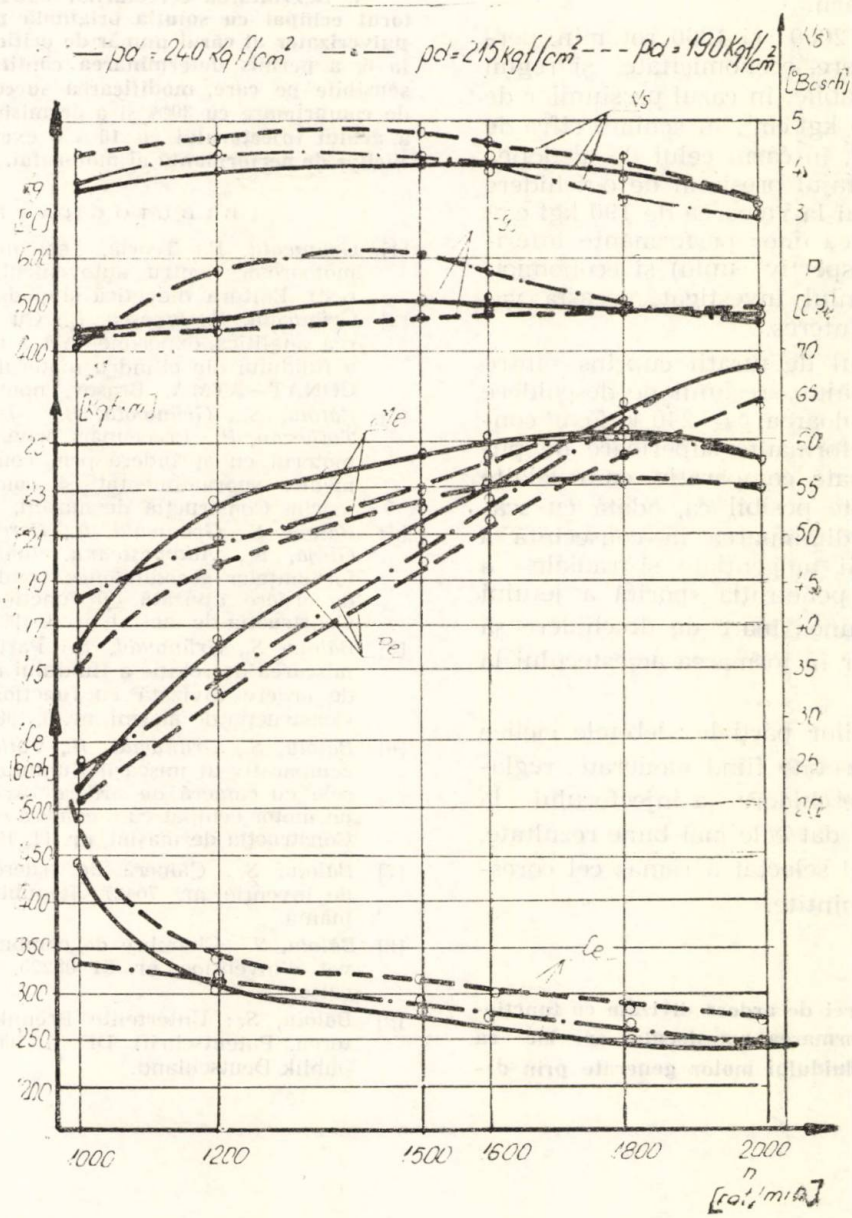


Fig. 5 Caracteristicile de turație la sarcină totală ridicate în condițiile funcționării motorului echipat cu soluția originală la raportul de comprimare $\varepsilon = 13{,}5$, pentru trei presiuni de deschidere a acului injectorului prevăzut cu 6 orificii.

aprecia faptul că motorul funcționează în condiții de economicitate sporită la raportul de comprimare $\varepsilon = 16{,}2$.

valorilor de 195 g/CP×h, 185 g/CP×h și 170 g/CP×h, primele două avînd o întindere apreciabilă.

Influența presiunii de deschidere a injectorului

Pentru a evidenția ponderea acestui factor funcțional în obținerea performanțelor globale ale motorului, s-au ridicat caracteristicile de turație la sarcină totală pentru presiunile de deschidere ale injectorului prevăzut cu 6 orificii, la valorile de 240 kgf/cm^2, 215 kgf cm^2 și 190 kgf/cm^2 (fig. 5). Pentru a facilita efectuarea studiului comparativ, diagramele au fost suprapuse cu ocazia trasării.

La turațiile de 2000 și 1800 rot./min. performanțele de putere, economicitate și regim termic sînt comparabile, în cazul presiunilor de 240 kgf/cm^2 și 215 kgf/cm^2, în schimb cifra de fum este mai mică, în cazul celui de al doilea reglaj. Întrucît reglajul presiunii de deschidere a acului injectorului la valoarea de 190 kgf cm^2 conduce la obținerea unor performanțe inferioare de putere (respectiv cuplu) și economicitate, pe tot domeniul investigat, această variantă nu prezintă interes.

Pentru domeniul de turații cuprins între 1200 rot/min., reglajul presiunii de deschidere a injectorului la valoarea $p_d = 240$ kgf cm^2 conferă motorului performanțe superioare de putere și economicitate comparativ cu celelalte două analizate. Este posibil ca, odată cu scăderea turației și diminuarea în consecință a intensității mișcării tangențiale și radiale a fluidului motor, penetrația sporită a jetului asigurată de presiunea mare de deschidere să aibă rolul hotărîtor în formarea amestecului la sarcină plină.

În cazul sarcinilor parțiale, debitele ciclice de combustibil injectate fiind moderate, reglajul presiunii de deschidere a injectorului la $p_d = 215$ kgf cm^2 a dat cele mai bune rezultate, astfel încît reglajul selectat a rămas cel corespunzător valorii amintite.

Concluzii

1. În cazul camerei de ardere divizate cu funcționare intermitentă, formarea amestecului are loc ca urmare a mișcării fluidului motor generate prin deplasarea pistonului în cursele de admisie și comprimare, mișcare specifică camerelor de ardere unitare.

2. Particularitățile constructiv-funcționale ale camerei de ardere originale (care lucrează în regim de cameră de ardere divizată) au permis utilizarea unui pulverizator cu mai multe orificii.

3. Obținerea celor mai bune performanțe ale motorului, în condițiile utilizării unui pulverizator cu 6 jeturi — față de 5 jeturi în cazul soluției de referință — confirmă corectitudinea calculelor efectuate pentru determinarea intensității mișcării de rotație a fluidului motor la sfîrșitul comprimării [5].

4. Dezvoltarea cercetărilor experimentale, pe motorul echipat cu soluția originală prevăzută cu un pulverizator al cărui număr de orificii a fost optimizat la 6, a permis determinarea cantitativă a influenței sensibile pe care, modificarea succesivă a raportului de comprimare cu 30% și a permisiunii de deschidere a acului injectorului cu 10% o exercită asupra indicilor de performanță ai motorului.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Grünwald, B.*: Teoria, calculul și construcția motoarelor pentru autovehicule rutiere. București, Editura didactică și pedagogică, 1980.

[2] *Grünwald, B., Ionescu, L.*: Cu privire la evaluarea analitică experimentală a mișcării de rotație a fluidului din cilindru motorului de autovehicul. CONAT—ATMA, Brașov, noiembrie, 1985.

[3] *Băloiu, S., Grünwald, B., Dinu, N., Luța, L., Tothezan, P.*: Preocupări privind corelația dintre motorul cu aprindere prin compresie, de putere medie, supraalimentat și combustibilul diesel-marin. Construcția de mașini, nr. 2—3, 1983.

[4] *Băloiu, S., Grünwald, B., Bercea, D., Despa, N. Glăja, N., Adameșteanu, Janina*: Studiul performanțelor gazodinamice realizate de camera de ardere divizată cu funcționare intermitentă. Construcția de mașini, nr. 3, 1986.

[5] *Băloiu, S., Grünwald, B.*: Particularități privind mișcarea de rotație a fluidului motor, la o cameră de ardere divizată cu funcționare intermitentă. Construcția de mașini, nr. 3, 1986.

[6] *Băloiu, S., Grünwald, B., Tothezan, P.*: Studiul comparativ al mișcării fluidului motor, la motoarele cu cameră de ardere divizată clasică și la un motor echipat cu o cameră originală de ardere. Construcția de mașini, nr. 11, 1986.

[7] *Băloiu, S.*: Cameră de ardere divizată. Brevet de invenție nr. 76427, Republica Socialistă România.

[8] *Băloiu, S.*: Chambre de combustion divisée. Brevet d'invention nr. 81 08225, Republique Française.

[9] *Băloiu, S.*: Unterteilte Brennkammer für Motoren. Patentschrift DE 31 16638 C2, Bundesrepublik Deutschland.

CZ : 621.436

Studiu comparativ al unor parametri ai ciclului la funcționarea unui motor în varianta diesel și diesel-gaz

Dr. ing. Nicolae **STOICA**, ing. Adrian **TOMESCU**, ing. Liviu **DRĂGUȚAN** — I.N.M.T. București

Introducere

În ultimele decenii, pe de o parte, datorită crizelor mondiale de energie și pe de altă parte ca urmare a unui viitor sumbru al rezervelor de petrol, s-au intensificat preocupările pentru adaptarea motoarelor cu ardere internă la funcționarea pe combustibili neconvenționali.

Ca rezultat al acestei activități, numărul autovehiculelor din lume care funcționează cu combustibili gazoși depășește trei milioane [14].

O pondere importantă în gama combustibililor neconvenționali o reprezintă hidrocarburile gazoase (gazele petroliere lichefiate, gazele naturale comprimate sau lichefiate, gazele de sondă și de cracare) și ca o mare speranță hidrogenul [1; 2; 5; 8]. Cînd zicem o mare speranță, ne referim întîi la obținerea și apoi la utilizarea hidrogenului. Deși rezervele accesibile de petrol sînt epuizabile în timp, trebuie subliniat faptul că utilizarea combustibililor gazoși la motoarele cu ardere internă nu este neapărat numai consecința crizei petrolului. Ea este și urmarea unor caracteristici ce favorizează această întrebuințare : un nivel redus al produșilor poluanți, excese de aer reduse, cifră octanică ridicată la majoritatea combustibililor gazoși, o mai bună formare a amestecului, posibilitatea funcționării cu rapoarte de compresiune mai mari la motorul cu aprindere prin scînteie etc.

În lucrare, se prezintă unele aspecte și unele implicații ale folosirii combustibililor gazoși, la motoarele cu ardere internă, și un studiu comparativ al variației unor parametri indicați, la funcționarea unui astfel de motor în varianta diesel-gaz și diesel.

Unele aspecte ale folosirii combustibililor gazoși la motorul cu ardere internă

Folosirea hidrocarburilor gazoase sau a hidrogenului, pentru alimentarea motoarelor cu ardere internă, depinde de modul de rezolvare a următoarelor probleme : producerea, stocarea, dozarea, transportul și manipularea combustibilului gazos.

Tot în legătură cu utilizarea combustibililor gazoși, la motoarele cu ardere internă, apar unele probleme conexe cu privire la performanțele motorului, autonomia și siguranța în exploatare a autovehiculului, nivelul produșilor poluanți și anduranța motorului. De exemplu, hidrogenul, combustibil ce trebuie produs, costă încă mult mai mult decît benzina sau motorina [3].

Ca utilizare, la motoarele cu ardere internă, el este foarte tentant, deoarece poate fi preparat dintr-o sursă inepuizabilă pe Terra : apa. Dacă apa va putea fi disociată, în viitor, la un preț de cost redus (folosind energia solară, nucleară etc.), atunci utilizarea practică a hidrogenului va avansa foarte repede.

Deoarece stocarea hidrogenului nu este o problemă simplă [12], a apărut ideea producerii pe autovehicul, simultan cu consumarea lui și aceasta ar putea constitui o soluție de viitor în domeniu [2].

În acest context, profesorul Furuhama [4] face, la începutul anilor 80, două interesante mențiuni :

a) o metodă recent descoperită și dezvoltată de firma Nissan constă în convertirea metanolului (CH_3OH) în H_2 și CO folosind un catalizator și căldura din gazele de evacuare;

b) în concordanță cu metoda Taube și a altor cercetători din Elveția, în condiții de minim 300°C și presiune de 3 atmosfere în prezența unui catalizator, metilciclohexanul (C_7H_{14}) disociază în toluen (C_7H_8) și trei molecule de hidrogen (metilciclohexanul și toluenul fiind substanțe lichide). În acest fel, problema stocării unui gaz (hidrogenul) se reduce la cea a stocării unui lichid (metanolul, metilciclohexanul, în cazul de față, sau poate, în viitor, apa).

Stocarea hidrogenului neconsumat, simultan cu producerea lui, se efectuează în următoarele moduri :

— sub formă de hidruri metalice, care la temperaturi joase pot acumula pînă la 3,5% H_2 [4, 8, 10, 11, 14]. Cantitatea de hidrogen echivalentă unui litru de benzină poate fi stocată în 15 kg de hidrură Fe—Ti [14]. Hidrura metalică e un compus neexploziv și deci oferă o mare siguranță în exploatare. Eliberarea hidrogenului, în concordanță cu sarcina motorului, se face prin încălzirea hidrurii [2, 4, 8]. Rezervoarele din hidruri metalice au însă dezavantajul că sînt grele [2, 4, 8] ;

— îmbuteliat în recipienți sub presiune, care prezintă dezavantajul că aceștia au greutăți și dimensiuni mari ;

— lichefiat. Lichefierea se face la —252,75°C și pentru aceasta este necesară o cantitate de energie considerabilă. În plus instalația criogenică este foarte pretențioasă și scumpă.

În cazul gazului petrolier lichefiat (GPL), problema stocării este rezolvată cu ajutorul buteliilor montate pe autovehicul [9, 11, 12]. Aceste butelii au greutate redusă și oferă siguranță în exploatare, manipulare și transport. Calitățile GPL permit obținerea unor performanțe, în funcționarea motorului, comparabile cu cele realizate la alimentarea cu benzină.

Deoarece nu toate țările posedă GPL, se pune problema utilizării combustibililor gazoși naturali, comprimați (GNC) sau lichefiați (GNL).

Recipienții ce conțin GNC au greutăți și dimensiuni mari, reduc spațiul util (destinat călătorilor sau mărfurilor) și reprezintă o masă suplimentară pe care autovehiculul ca s-o transporte trebuie să consum în plus o cantitate de combustibil. Deoarece spațiul util se reduce, înseamnă că pentru a transporta același volum de marfă sau același număr de călători — în aceeași unitate de timp și în aceleași condiții de confort cu ale autovehiculului nemodificat — este necesară creșterea numărului de curse, fapt ce sporește cheltuielile de transport pe tonă și kilometru. La neajunsurile menționate, trebuie adăugate autonomia și siguranța în exploatare, nesatisfăcătoare.

În cazul GNL, geutatea și volumul rezervoarelor de stocare scad, dar datorită punctului foarte scăzut de fierbere (—162°C) al gazului metan, sînt necesare vase criogenice ale căror izolații sînt costisitoare. Totodată trebuie ținut seama că pentru lichefierea gazului metan se consumă o cantitate de energie considerabilă.

Dozarea combustibilului gazos, în concordanță cu regimul de funcționare al motorului, este o problemă căreia i se caută în permanență noi soluții.

Dozarea hidrogenului se face în general prin injecție, fapt ce permite reglarea sarcinii, admisia de aer fiind constantă ca la motorul diesel [2, 3, 4, 8, 10, 12].

Dozînd hidrogenul prin injecție, se evită rateurile în carburator și aprinderile necontrolate.

În cazul hidrocarburilor gazoase, dozarea se efectuează prin carburatorul motorului sau printr-un amestecător-dozator gaz-aer ce preia funcțiile carburatorului [5, 7, 11, 13, 15, 16]. Fiind vorba de un gaz comprimat, este necesar un reductor de presiune care să asigure, la intrarea în carburator sau amestecător, o presiune de 150—200 mm coloană de apă. În plus, este nevoie de un încălzitor care să evite givrajul la destinderea gazului.

Nivelul produșilor poluanți scade, iar anduranța motorului crește, la motoarele alimentate cu combustili gazoși. În ceea ce privește anduranța, aceasta depinde foarte mult de dozaj, deoarece tot de dozaj sînt dependente temperaturile de ardere și uzurile. La arderea hidrogenului în motoare, temperaturile maxime se obțin în cazul dozajelor stoichiometrice, iar uzurile cilindrilor și supapelor se accentuează cînd oxigenul este în exces [4].

Pe gaze, motoarele cu ardere internă funcționează fie ca motoare cu aprindere prin scînteie, derivate din motoarele diesel sau din cele cu benzină, fie ca motoare diesel-gaz rezultate din cele cu motorină.

Motoarele unor autovehicule sînt adaptate să funcționeze alternativ pe benzină sau combustibil gazos în funcție de combustibilul disponibil la un moment dat [15, 16]. Atît în acest caz, cît și în cel al motorului funcționînd după procedeul diesel-gaz, se impune trecerea la funcționarea motorului ca m.a.s., sau ca m.a.c., atunci cînd combustibilul gazos stocat în butelii s-a consumat. Deci, rezultă și un alt aspect : cel al pregătirii și reciclării profesionale a personalului ce exploatează aceste vehicule, pentru a fi în măsură să facă trecerea de la funcționarea de pe un combustibil pe altul, reproducînd în același timp și reglajele optime, reglaje fără de care performanțele motorului sînt compromise. Această perfecționare profesională este dictată și de faptul că, nu odată, trecerea de la funcționarea de pe un combustibil pe altul trebuie făcută departe de atelierul de specialitate.

Studiul comparativ al unor parametri ai ciclului, la funcționarea unui motor în varianta diesel-gaz și diesel

Rezultatele ce urmează a fi prezentate au fost obținute pe un motor pus să funcționeze în varianta diesel și diesel-gaz, gazul folosit fiind metanul.

Pentru fiecare variantă, au fost ridicate diagrame indicate (fig. 1), în care s-au notat :

— p, presiunea indicată în cilindru;
— $dp/d\alpha$, viteza de variație a acestei presiuni;
— p_{inj}, presiunea de injecție;
— h, înălțimea de ridicare a acului injectorului;
α_1, momentul ridicării acului injectorului, adică începutul injecției;
α_2, monentul desprinderii curbei de ardere de cea de compresiune, adică începutul arderii rapide;
— diferența $\alpha_1 - \alpha_2$ reprezintă perioada de întîrziere la autoaprindere α_{aa} în °RAC sau τ_{aa} în secunde;
— α_3 momentul în care presiunea din cilindru atinge valoarea sa maximă (p_{max});
— α_4, momentul în care $dp/d\alpha$ trece prin valoarea sa maximă;
— α_f, sfîrșitul procesului de ardere;
— PMI, punctul mort interior.

Așa cum se observă din figura 1, variația acestor mărimi a fost reprezentată grafic, în funcție de unghiul de manivelă α, exprimat în grade rotație arbore cotit (°RAC).

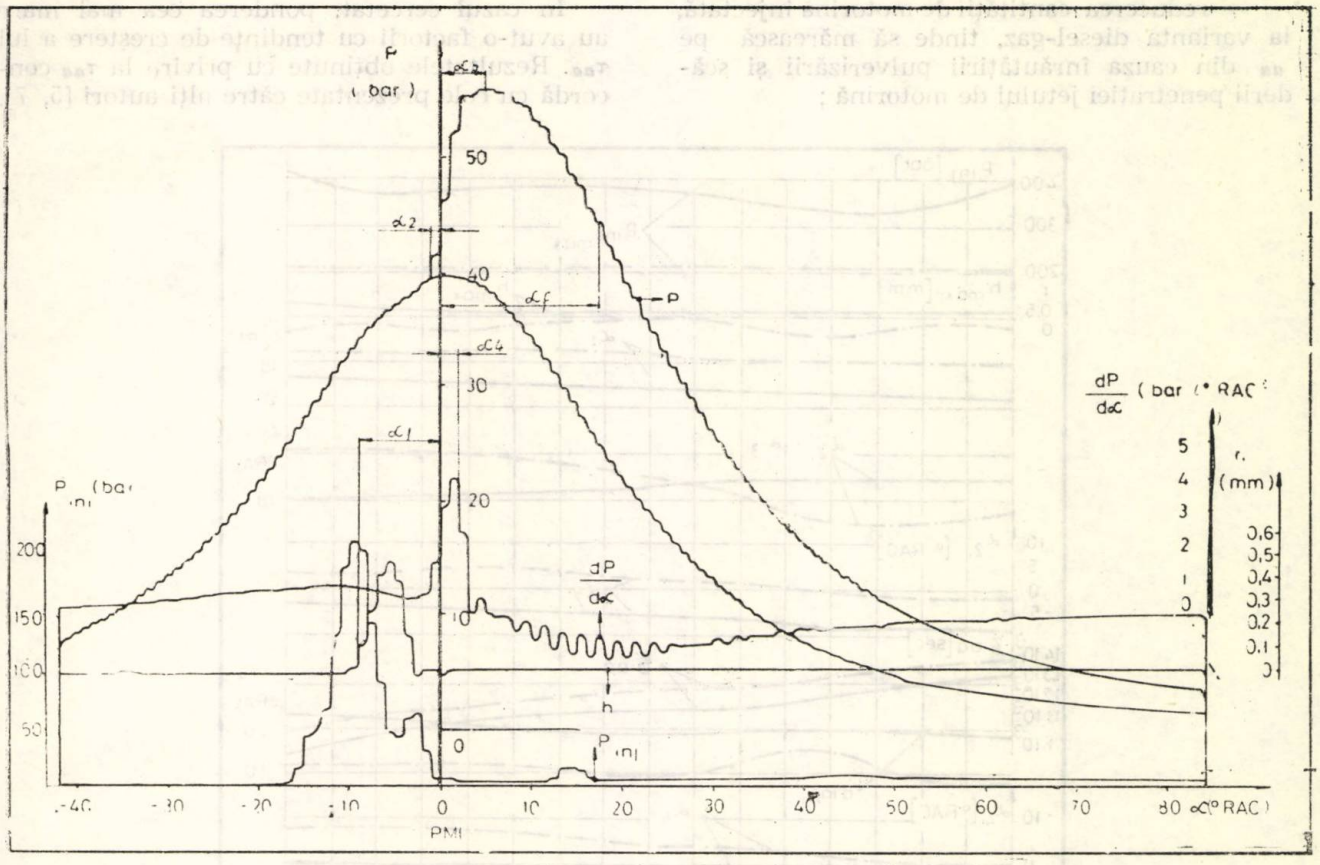


Fig. 1 Diagrama indicată.

Pe caracteristica de turație la sarcină totală, au fost înregistrate din sută în sută de ture diagrame de tipul celor precizate în figura 1. Pe aceste diagrame, s-au citit o serie de mărimi ce au fost reprezentate, în funcție de turație, în figura 2. Astfel, τ_{aa} reprezintă perioada de întîrziere la autoaprindere exprimată în secunde, iar d_{inj} durata injecției măsurată în °RAC. Semnificația celorlalte mărimi a fost precizată anterior cînd s-a discutat despre figura 1.

În figura 2, curbele pline se referă la motorul funcționînd în varianta diesel, iar cele întrerupte la funcționarea ca diesel-gaz.

Presiunile de injecție maxime (fig. 2) sînt, la varianta diesel, mult mai mari, ajungînd pînă la dublu, față de varianta diesel-gaz. Aceasta se datorește faptului, cunoscut de altfel, că la motorul diesel funcționînd simultan cu motorină și gaz se reduce debitul de motorină [1, 2, 5, 11, 13]. Din aceleași motive, durata injecției d_{inj} și înălțimea maximă de ridicare a acului h_{max} sînt mult mai mari la varianta diesel.

Perioada de întîrziere la autoaprindere, α_{aa} (sau τ_{aa}) a fost determinată ca diferență între momentul începerii injecției (α_1, fig. 1) și momentul declanșării arderii rapide (α_2, fig. 1). Pentru ca solicitările termo-mecanice, în cazul funcționării motorului în varianta diesel-gaz, să nu depășească pe cele din varianta diesel (ca urmare a arderii cu detonație a gazului metan la rapoarte de comprimare mari), a fost necesară reducerea avansului static la injecție cu peste 20%.

Se observă că, odată cu creșterea turației, perioada de întîrziere la autoaprindere în secunde tinde să scadă. Creșterea turației [6], poate afecta pe τ_{aa}, atît în componența sa fizică (ajută la formarea amestecului), cît și în cea chimică (mărește temperatura din momentul începerii injecției, deoarece se micșorează transferul de căldură la perete din cauza reducerii duratei procesului). Indiferent de turație, valorile cele mai mari ale lui τ_{aa} sînt la varianta diesel-gaz, la care există tendințe contradictorii :

— prin reducerea amintită a avansului la injecție, întîrzierea la autoaprindere scade, deoarece injecția începe în condiții de presiune și temperatură mai ridicate decît în cazul unor avansuri mai mari, dar este posibil, după cum se știe, că reducînd prea mult avansul, τ_{aa} să crească din cauza deplasării întregului proces în destindere [6] ;

— reducerea cantității de motorină injectată, la varianta diesel-gaz, tinde să mărească pe τ_{aa} din cauza înrăutățirii pulverizării și scăderii penetrației jetului de motorină ;

În cazul cercetat, ponderea cea mai mare au avut-o factorii cu tendințe de creștere a lui τ_{aa}. Rezultatele obținute cu privire la τ_{aa} concordă cu cele prezentate către alți autori [5, 7].

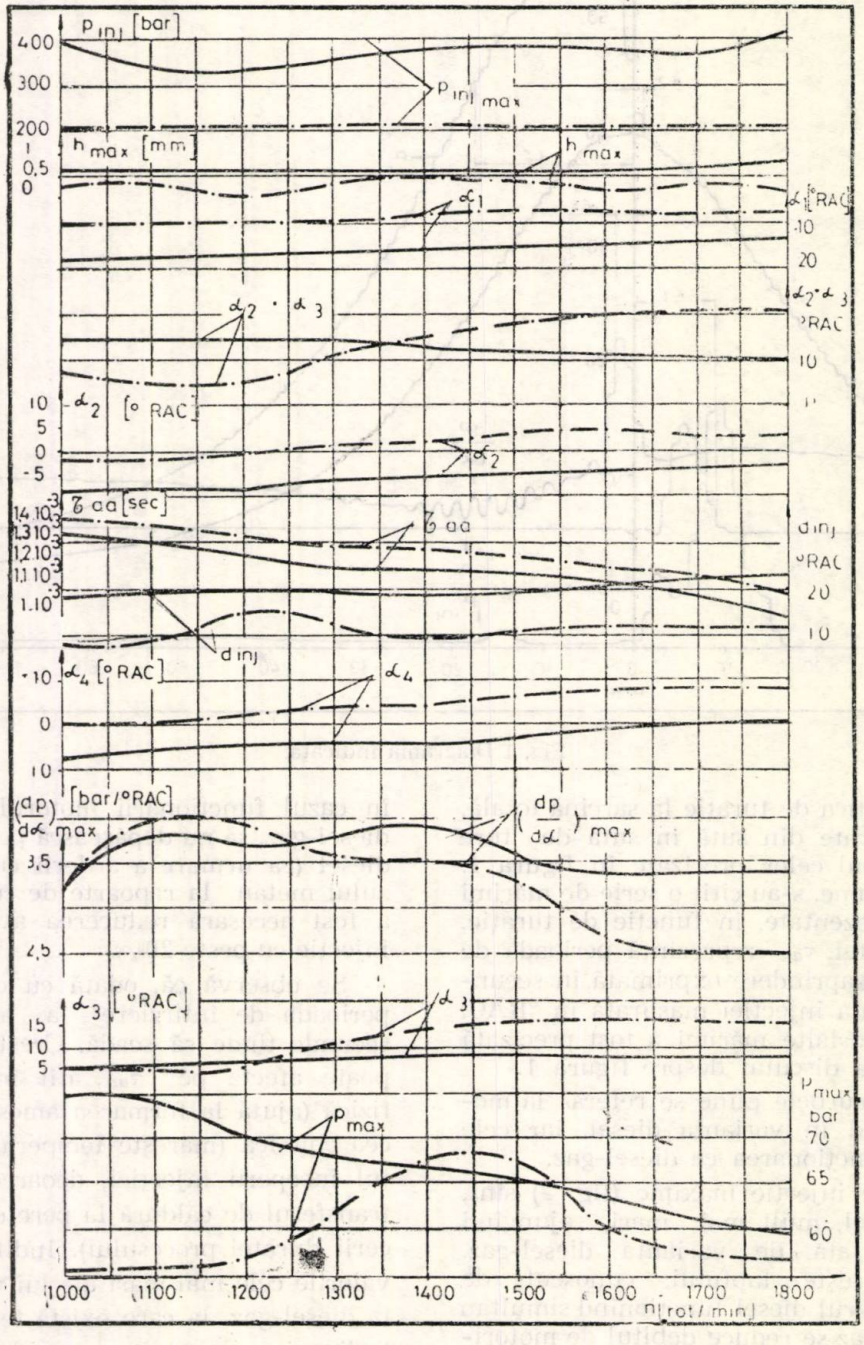


Fig. 2 Variația unor parametri ai ciclului cu turația.
——— varianta diesel ;
—•—• varianta diesel-gaz.

— densitatea amestecului proaspăt este mai mică în cazul variantei diesel-gaz, fapt ce conduce la un τ_{aa} mai ridicat ;

— gazul metan avînd o temperatură de autoaprindere foarte ridicată, contribuie la creșterea întîrzierii la aprindere, iar arderea este progresivă și calmă [5].

Momentul declanșării arderii rapide (vizibile), marcat prin unghiul α_2 (°RAC), este la varianta diesel-gaz deplasat în destindere ca urmare a reducerii avansului la injecție α_1 cu peste 20% și a unui τ_{aa} mai mare la această variantă (fig. 2). Din aceleași motive, momentul atingerii presiunii maxime (α_3) este deplasat

mult mai mult în destindere, la varianta diesel-gaz față de cea diesel.

Durata arderii pînă la obținerea presiunii maxime ($\alpha_2+\alpha_3$, fig. 2) este mai scurtă la varianta diesel-gaz, în zona turațiilor 1000—1350 rot/min, după care situația se inversează. Creșterea duratei $\alpha_2+\alpha_3$ la varianta diesel-gaz are la origine, pe de o parte, deplasarea (din motivele arătate) a arderii în destindere și, pe de altă parte, arderea calmă a amestecului aer-gaz metan. Momentul α_4, în care $dp/d\alpha$ trece prin valoarea sa maximă, este pentru fiecare turație plasat în destindere la varianta diesel-gaz. Cauzele acestui fenomen sînt aceleași cu cele care au condus, pentru această variantă, la creșterea duratei $\alpha_2+\alpha_3$.

Viteza maximă de creștere a presiunii de la turații de 1100 rot/min. în sus, tinde să scadă la ambele variante ca urmare a deplasării arderii în destindere. Deplasarea arderii în destindere este mai puternică la varianta diesel-gaz datorită următoarelor cauze :

— un avans static la injecție α_1 mai mic (din motivele arătate) cu peste 20% față de varianta diesel ;

— o perioadă de întîrziere la autoaprindere τ_{aa} sau α_{aa} (°RAC) mai mare, adică un moment α_i plasat mai în destindere ;

— o durată a arderii ($\alpha_2+\alpha_3$ în °RAC) pînă la p_{max} mai mare la varianta diesel-gaz decît la cea diesel. Din aceste motive $dp/d\alpha$ are valorile maxime comparabile sau mai mici la varianta diesel-gaz față de varianta diesel.

Pentru turația de 1800 rot/min., se prezintă în figura 4, variațiile temperaturilor gazelor de ardere calculate pentru ambele variante.

Pentru calcule, s-a folosit o diagramă de presiune p—α (de tipul celei prezentate în fig. 1), care conține presiuni mediate ale gazelor pe 64 de cicluri.

Calculele au fost efectuate pe intervale, din două în două grade, presiunea mediată la sfîrșitul fiecărui interval fiind citită în diagrama p—α.

Considerînd cantitatea de substanță m, pe ciclu (suma dintre cantitatea de aer și cea de combustibil) și valoarea presiunii la sfîrșitul intervalului respectiv, s-a calculat temperatura mediată de ardere T, cu relația :

$$T=\frac{p\ V}{m\cdot R} \qquad (1)$$

unde :

V — volumul cilindrului la sfîrșitul intervalului;
R — valoarea constantei gazelor de ardere.

Constanta R s-a considerat arbitrar ca valoare ce se obține în urma modificării lineare a compoziției între amestecul proaspăt (pe primul interval) și gazele de ardere (pe ultimul interval). S-a admis că ultimul interval este realizat după 80°RAC.

Temperatura la sfîrșitul unui interval reprezintă temperatura la începutul intervalului următor. Media aritmetică a temperaturii de

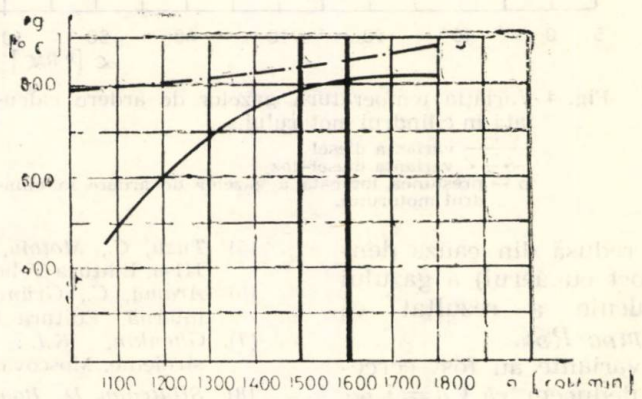


Fig. 3 Variația temperaturii gazelor de ardere, cu turația, măsurate în colectorul de evacuare.
varianta diesel ;
varianta diesel-gaz.

Presiunile maxime sînt mai mici, egale sau comparabile la varianta diesel-gaz, atît ca urmare a deplasării arderii în destindere, cît și a condiționării debitului de gaz de către solicitările termo-mecanice.

Temperaturile gazelor de ardere, măsurate la ieșirea din chiulasă, au valori mai ridicate la varianta diesel-gaz (fig. 3), deoarece în acest caz, așa cum s-a mai menționat, arderea este plasată mai în destindere.

la sfîrșitul și începutul unui interval reprezintă temperatura medie T_i de ardere pe intervalul respectiv. Datele astfel calculate, un exemplu referindu-se la figura 4, pot servi în viitor la studiul regimului termic al pistonului.

Scriind relația (1) pentru variantele diesel (D) și diesel-gaz (DG) se obține :

$$T_D=\frac{p_D\cdot V_D}{m_D\cdot R_D}\ [°K] \qquad (2)$$

$$T_{DG} = \frac{p_{DG} \cdot V_{DG}}{m_{DG} \cdot R_{DG}} [°K] \qquad (3)$$

Teoretic vorbind, $m_{DG} < m_D$, deoarece în varianta diesel-gaz cantitatea de motorină injectată este mai mică, iar masa de aer și gaz

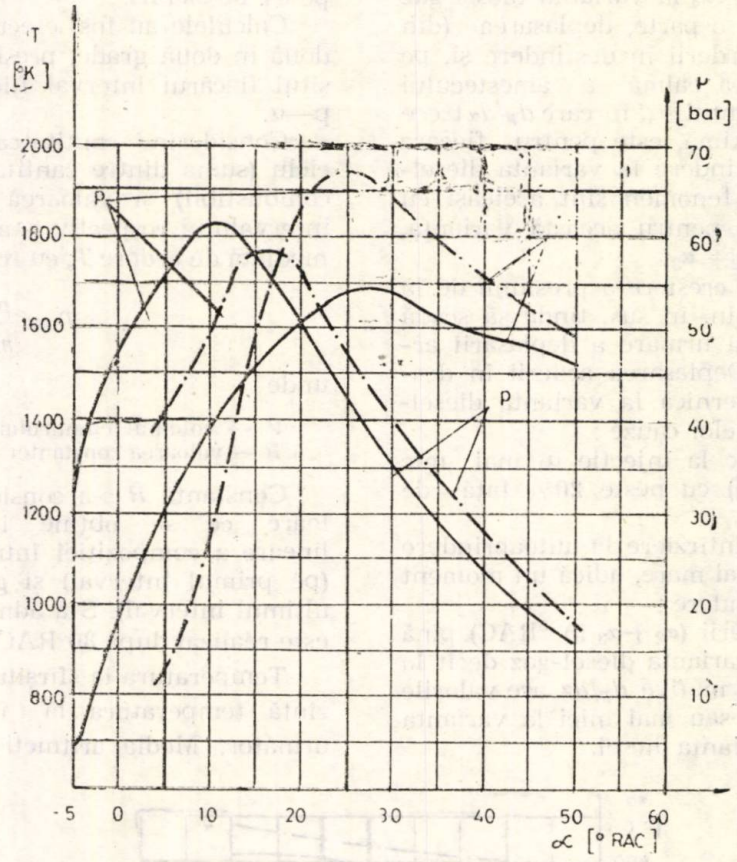


Fig. 4 Variația temperaturii gazelor de ardere calculată în cilindrul motorului.
——— varianta diesel ;
—•—• varianta diesel-gaz.
p — presiunea indicată a gazelor de ardere în cilindrul motorului.

este, de asemenea mai redusă din cauza densității mai mici (în raport cu aerul) a gazului metan. Totodată din calcule a rezultat că $R_{DG} > R_D$ și $m_D \cdot R_D \simeq m_{DG} \cdot R_{DG}$.

Deoarece cele două variante au fost cercetate pe același motor, deducem că $V_D = V_{DG}$. Prin urmare în modul de variație și mărimea lui T_D și T_{DG} din relațiile (2) și (3), ponderea cea mai mare o are presiunea. Astfel în figura 4, se observă că pînă la circa 15°RAC după punctul mort interior, $p_D > p_{DG}$ și $T_D > T_{DG}$, apoi în continuare situația se inversează, adică $p_D < p_{DG}$ și $T_D < T_{DG}$.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Marincaș, D., Negruș, E.* : Combustibili, Lubrifianți și materiale speciale pentru automobile. Editura didactică și pedagogică, București, 1977.

[2] *Grünwald, B.* : Teoria, calculul și construcția motoarelor pentru autovheicule rutiere. Editura didactică și pedagogică, București, 1980.

[3] *Breelle, Y., Gelin, P., Meyer, C., Petit, G.* : Étude de tehnico-economique de la distribution, de l'hydrogène pour les vehicules automobiles, Transports, avril—mai 79/nr. 242.

[4] *Furuhama, S.*: State of the Art and Future Trend of Hydrogen — Fueled Engines, JSAE Review, March, 1981.

[5] *Tuzu, C., Moțoiu, C.* : Motoare Diesel, ediția a III-a, Editura Tehnică, București.

[6] *Aramă, C., Grünwald, B.*: Motoare cu ardere internă. Editura tehnică București, 1966.

[7] *Ghenkin, K.I.* : Gazovîe dvigateli. Mașinostroienie, Moscova, 1977.

[8] *Sfințeanu, D., Bogdan, L., Apostolescu, N., Grünward, B.* : Considerații privind utilizarea hidrogenului drept combustibil pentru motoarele de autovehicule și stocarea la bordul autovehiculului. Construcția de Mașini, 38 (1986), nr. 3.

[9] *Samoli, G.I., Goliblat, I.I.* : Gazoballonnîe avtomobili, Masghiz, Moscova, 1963.

[10] *Apostolescu, N., Grünwald, B., Negurescu, N., Chiriac, R., Sfințeanu, D., Bogdan, L., Radu, B., Ghețe, P.* : Cercetări privind utilizarea hidrogenului drept combustibil pentru motoarele diesel pentru autovehicule. — Construcția de mașini, 38 (1986), nr. 11—12.

[11] *Fellous, M.J.R., Tiedems, M.P.* : Les gaz de pétrole liquéfiés, carburant pour les transports publics urbains. Journées régionales d'informations de l'Associations tehnique de l'industrie du gaz en France, 6—7 juin 1978.

[12] *Stewart, W.F.:* Experienţe de regim de funcţionare cu un Buick alimentat cu hidrogen lichid şi sistem de realimentare cu combustibil. Hydrogen Energy Progress — IV, 1982.
[13] *Canavate, J.O., Nills, D.J., Chancellor, W.J.:* Diesel Engine Modification the Operate on Biogaz. Transactions of the ASAE 24 (4) 1981.
[14] *Anghelache I.:* Benzine auto din petrol şi din surse nepetroliere. Editura Tehnică, Bucureşti, 1986.
[15] *Stoica, N., Mihăilescu, Z., Pogîngeanu, D., Drăguţan, L., Tomescu, A., Petrescu, D.:* Adaptarea unui m.a.s. la funcţionarea alternativă pe gaz şi pe benzină. Construcţia de maşini 38 (1986), nr. 3.
[16] *Rădulescu, G.A., Petre, I.:* Combustibili, uleiuri şi exploatarea autovehiculeor. Editura tehnică, Bucureşti, 1986.

CZ : 621.436

Unele aspecte privind influenţa arhitecturii camerei de ardere asupra cifrei de fum în corelaţie cu ceilalţi indici de performanţă la un motor diesel supraalimentat de putere medie

Ing. Sergiu **BĂLOIU**, ing. Octavian **BERCEA**, ing. Puiu **TOTHEZN**, ing. Nicolae **GLĂJA**, subing. Silvian **VINTILĂ**, subing. Nicolae **DESPA**, matem. Janina **ADAMEŞTEANU** — I.N.M.T. Bucureşti
Ing. Ion **BONCOI** — MEFIN Sinaia
Prof. dr. ing. Berthold **GRÜNWALD** — Institutul Politehnic Bucureşti

Introducere

În cazul camerelor de ardere divizate (fig. 1), mişcarea fluidului motor — foarte intensă — se produce integral în procesul de ardere, pe seama unei fracţiuni din doza de combustibil care arde în compartimentul separat, spre deosebire de camerele unitare (fig. 2), unde mişcarea este generată prin deplasarea pistonului în cursele de admisie, comprimare şi destindere, valorile acesteia fiind moderate.

Dependenţa redusă a indicilor de performanţă faţă de proprietăţile fizico-chimice ale combustibilului, posibilităţile sporite de mărire a turaţiei, nivelul scăzut al solicitărilor mecanice şi al cifrei de fum — în special la sarcini parţiale — au dus la extinderea domeniului de utilizare a motoarelor cu aprindere prin comprimare echipate cu camere de ardere divizate.

Mişcarea intensă a fluidului motor, atribut esenţial al camerelor de ardere divizate, determină obţinerea avantajelor menţionate, dar se realizează pe baza unui consum energetic suplimentar, materializat prin pierderile gazodinamice din canalul de legătură în procesul de comprimare. Aceste pierderi duc la scăderea randamentului pe ciclu, avînd ca o principală consecinţă creşterea consumului de combustibil, comparativ cu o cameră de ardere unitară (C.U.).

În prezent, cînd exigenţele legate de poluarea mediului ambiant şi economicitatea motoarelor au crescut simultan şi progresiv, în cadrul performanţelor camerelor de ardere ce echipează motoarele diesel se remarcă existenţa a două tendinţe contradictorii :

— camerele unitare asigură funcţionarea motorului în condiţii de economicitate dar cu o cifră de fum mai ridicată ;

— camerele divizate determină obţinerea unor consumuri de combustibil mai mari decît camerele unitare, dar la o cifră de fum mai scăzută.

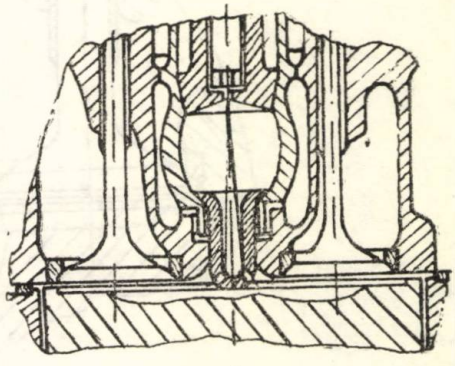


Fig. 1 Cameră de ardere divizată.

Intensificarea mişcării fluidului motor, premiză esenţială în dimensionarea cifrei de fum

Dezideratul principal al unei camere de ardere pentru motoare diesel constă în realizarea unei mişcări intense a fluidului motor —

pentru a răspunde exigențelor legate de poluare — cu un consum energetic cît mai mic, deci în condiții de economicitate.

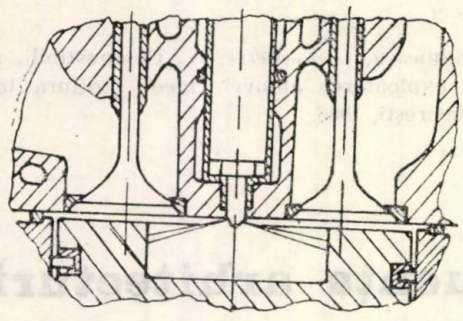


Fig. 2 Cameră de ardere unitară.

În cazul camerelor de ardere clasice pentru motoarele diesel, aceste două calități nu se găsesc reunite în cadrul aceleiași soluții, prima constituind avantajul camerei divizate iar a doua avantajul camerei unitare.

Ideea reunirii celor două performanțe, ca atribute principale ale aceleiași camere de ardere, a condus la realizarea camerei de ardere divizate cu funcționare intermitentă (fig. 3), care va constitui obiectul unui studiu comparativ fiind raportată la cele două camere de ardere clasice de referință (camera unitară și camera divizată).

În cazul camerei de ardere divizate cu funcționare intermintentă (C.D.F.I), mișcarea fluidului motor este generată atît de mișcarea pistonului în cursele de admisie și comprimare (ca în cazul camerelor de ardere unitare), cît și de arderea unei fracțiuni din doza de combustibil, în compartimentul separat (ca în cazul camerelor de ardere divizate).

La motoarele diesel cu injecție directă, canalele de admisie situate în chiulasă se profilează pentru a genera o mișcare de rotație a fluidului motor, care pătrunde în cilindru odată cu desfășurarea cursei de admisie.

Particularitățile constructiv-funcționale ale camerei de ardere divizate cu funcționare intermitentă (fig. 3) determină intensificarea acestei mișcări, comparativ cu camera de ardere de referință. Intensificarea se obține prin efectul pozitiv al vizierelor statice practicate pe suprafața cilindrică exterioară a corpului de revoluție montat în centrul camerei de ardere și care diminuează în mare măsură scăpările de fluid pe direcție radială la intrarea acestuia în cilindru [1 . . . 8].

Ca urmare a cercetărilor experimentale comparative efectuate în cadrul laboratorului de gazodinamică s-au putut determina curbele de variație a valorilor instantanee pentru vitezele unghiulare ale fluidului motor pe parcursul admisiei, atît pentru camera de ardere originală cît și pentru camera unitară de referință.

În figura 4 se prezintă curbele de variație a acestor mărimi, la începutul admisiei (zona baleiajului) și la sfîrșitul acesteia (începutul cursei de compresie). În zonele menționate, camera de ardere divizată cu funcționare intermitentă generează viteze unghiulare ale fluidului motor, superioare celor imprimate de canalele de admisie ale chiulasei motorului echipat cu camera unitară de referință cu efecte pozitive atît asupra baleiajului, cît și asupra mișcării de rotație a fluidului motor la sfîrșitul compresiei (fig. 5).

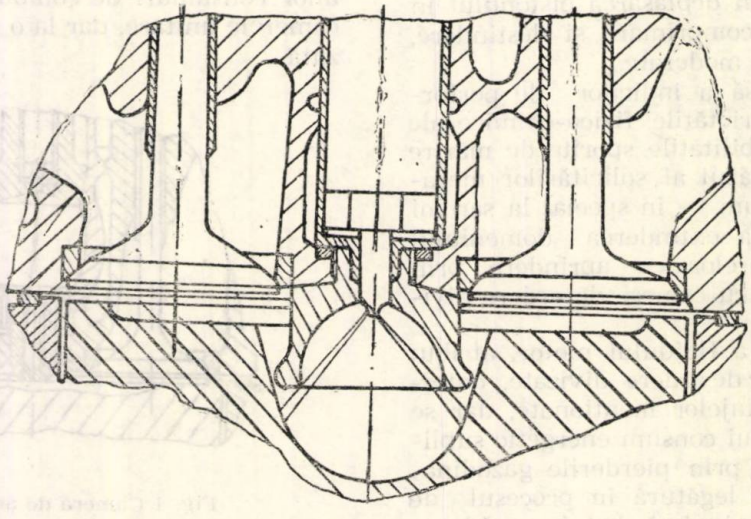


Fig. 3 Cameră de ardere divizată cu funcționare intermitentă.

Pentru valori mari ale cursei supapelor de admisie, unde și timpul — secțiune este mare, mișcarea de rotație a fluidului motor, în cazul soluției originale, este mai puțin intensă com-

parativ cu soluția de referință, ceea ce denotă faptul că viteza axială respectiv umplerea sînt puțin afectate.

S-a realizat deci o cameră de ardere divizată care, la sfîrșitul cursei de compresie, beneficiază de o mișcare de rotație considerabilă a

— curba 2 : cameră de ardere divizată echipată cu difuzor de geometrie variabilă ;

— curba 3 : cameră de ardere divizată cu funcționare intermitentă (fig. 3).

Difuzorul cu geometrie variabilă se realizează prin deplasarea unui corp de revoluție, de

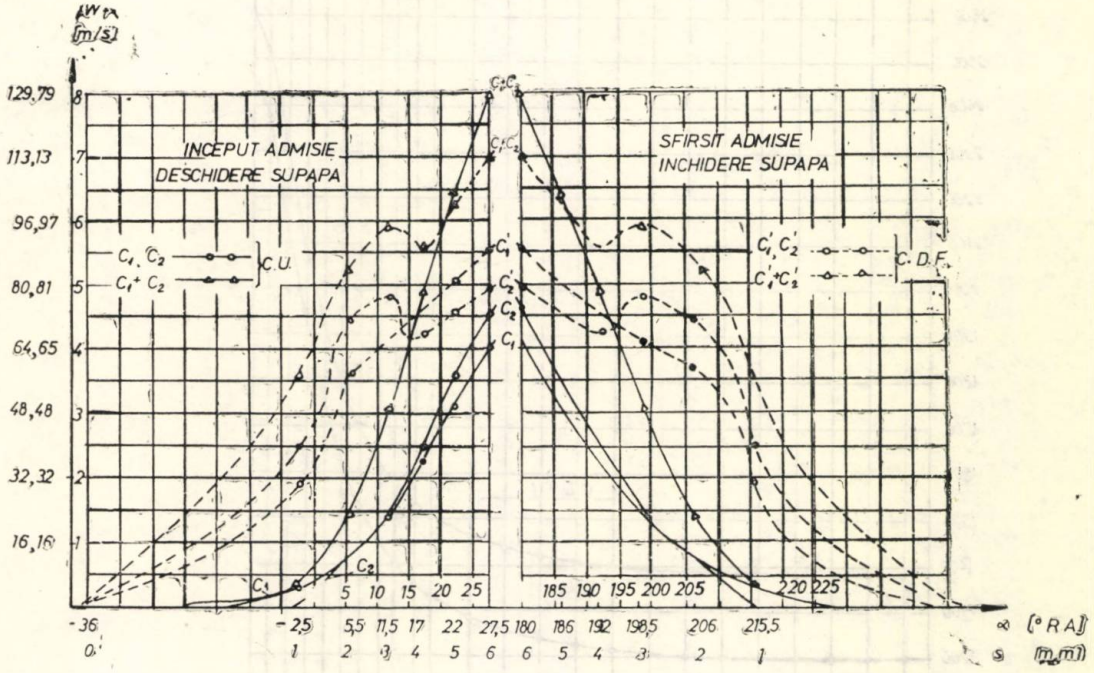


Fig. 4 Curbele de variație a valorilor instantanee pentru vitezele unghiulare ale fluidului motor, la începutul și sfîrșitul admisiei, pentru camera de ardere originală și pentru camera unitară de referință.

fluidului motor, la fel ca o cameră de ardere unitară. La această mișcare de rotație se adaugă mișcarea radială de curgere a fluidului motor din cilindru în compartimentul separat, specifică camerelor divizate.

Formarea cu intermitență a compartimentului separat, cît și a canalului inelar de legătură cu camera principală din cilindru, numai în zona punctului mort interior, limitează pierderile gazodinamice prilejuite de transferul fluidului motor între cele două compartimente.

S-au eliminat, astfel, prin însuși principiul de funcționare, pierderile gazodinamice inutile — realizate de camerele de ardere divizate clasice pe cea mai mare parte a cursei de compresie — ameliorîndu-se randamentul pe ciclu.

În figura 6 se prezintă variația vitezei de curgere a fluidului motor din cilindru în compartimentul separat, ca o expresie a energiei cinetice consumate în canalul de legătură, la același regim de funcționare, calculată pentru trei camere de ardere, după cum urmează :

— curba 1 : cameră de ardere divizată echipată cu difuzor de geometrie constantă (fig. 1).

formă tronconică, în canalul de legătură dintre compartimentele camerei de ardere, cînd pistonul se apropie de punctul mort interior (de exemplu, soluția Pielstick).

Calculul vitezei de curgere a fluidului motor din cilindru în compartimentul separat, efectuat pe baza măsurării pierderilor gazodinamice locale în difuzor, cu ajutorul unor traductoare de presiune montate în cilindru și antecameră, a dus la obținerea unor curbe de variație, asemănătoare, ca alură și apropiate ca valori cu cele calculate ținînd seama de particularitățile constructiv-funcționale ale soluțiilor lor studiate.

Se remarcă faptul că, soluția originală (curba 3) realizează o mișcare intensă de curgere a fluidului motor din cilindru în compartimentul separat, doar în zona punctului mort interior, unde are loc injecția combustibilului și amestecarea acestuia cu aerul. În cazul camerei de ardere cu funcționare intermitentă (curba 3), pe cea mai mare parte a cursei de comprimare, neexistînd compartimentul separat și canalul de legătură aferent, mișcarea fluidului motor între cele două compartimente separate (specifică în

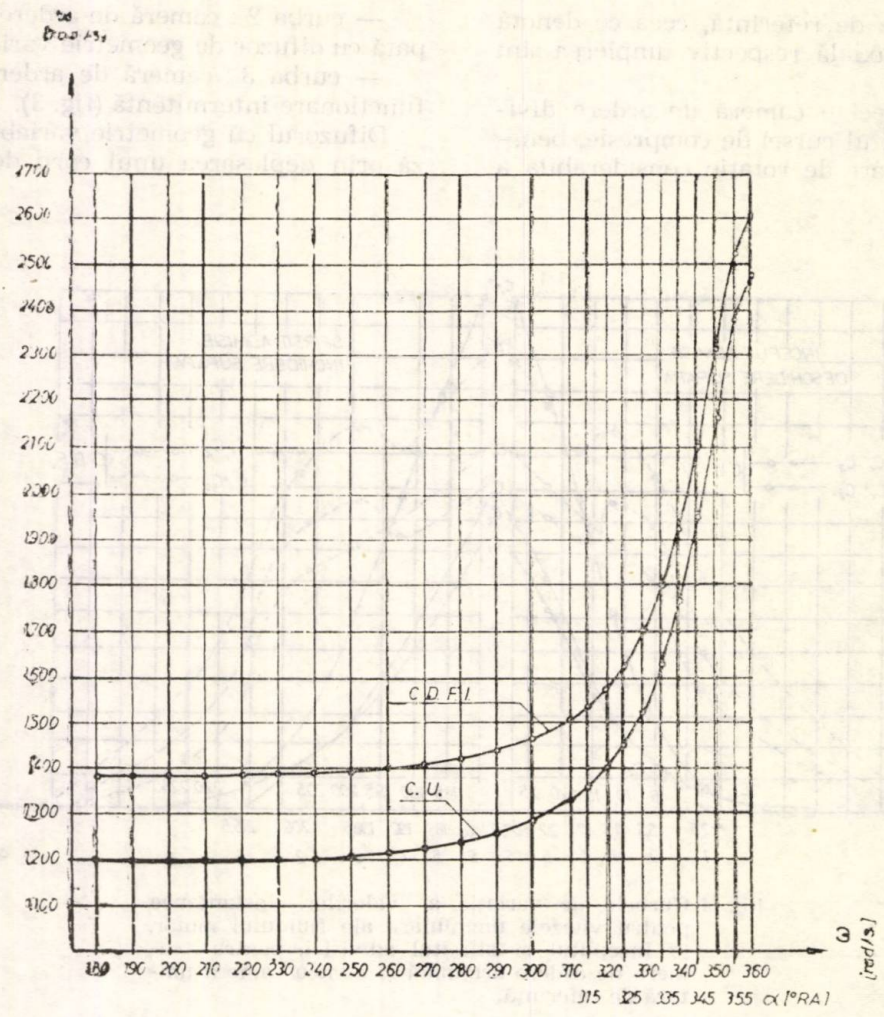


Fig. 5 Curbele de variaţie a valorilor instantanee în cursa de comprimare pentru vitezele unghiulare de rotaţie a fluidului motor calculate pentru camera unitară şi pentru camera de ardere divizată cu funcţionare intermitentă.

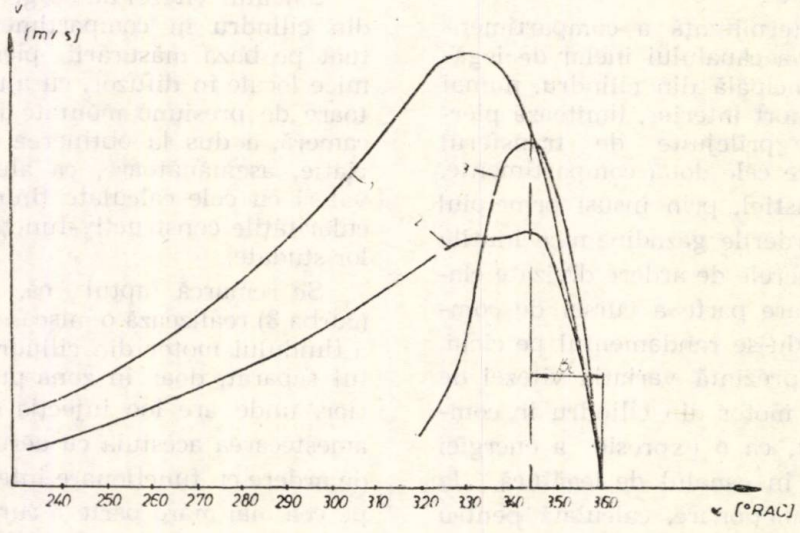


Fig. 6 Variaţia vitezei de curgere a fluidului motor din cilindru în compartimentul separat.
curba 1 — camera de ardere divizată echipată cu difuzor de geometrie constantă ;
curba 2 — cameră de ardere divizată echipată cu difuzor de geometrie variabilă;
curba 3 — cameră de ardere divizată cu funcţionare intermitentă.

cazul camerelor divizate) este inexistentă evitîndu-se astfel un consum inutil de energie cinetică.

Corespondența biunivocă între intensitatea și durata mișcării fluidului motor, pe de o parte, și energia cinetică consumată pentru dezvoltarea acesteia se traduce, pe planul indicilor de performanță, ca o legătură între cifra de fum, nivelul solicitărilor mecanice și în corespondență directă cu economicitatea.

Pentru exemplificare, în figura 7 se prezintă o caracteristică de sarcină, la turația de 1800 rot/min, ridicată prin parcurgerea acelorași re-

o foarte bună omogenizare a amestecului aer-combustibil determinînd funcționarea acesteia cu nivelul cel mai scăzut al cifrei de fum și al temperaturii gazelor arse evacuate, dar cu consumurile specifice de combustibil cele mai mari din cauza randamentului scăzut, ca urmare a pierderilor gazodinamice din difuzor.

Camera de ardere unitară (CU) realizează o mișcare moderată a fluidului motor avînd ca efect funcționarea cu o cifră de fum și o temperatură a gazelor arse evacuate superioare camerei divizate, în condițiile obținerii unor consumuri specifice de combustibil mai mici.

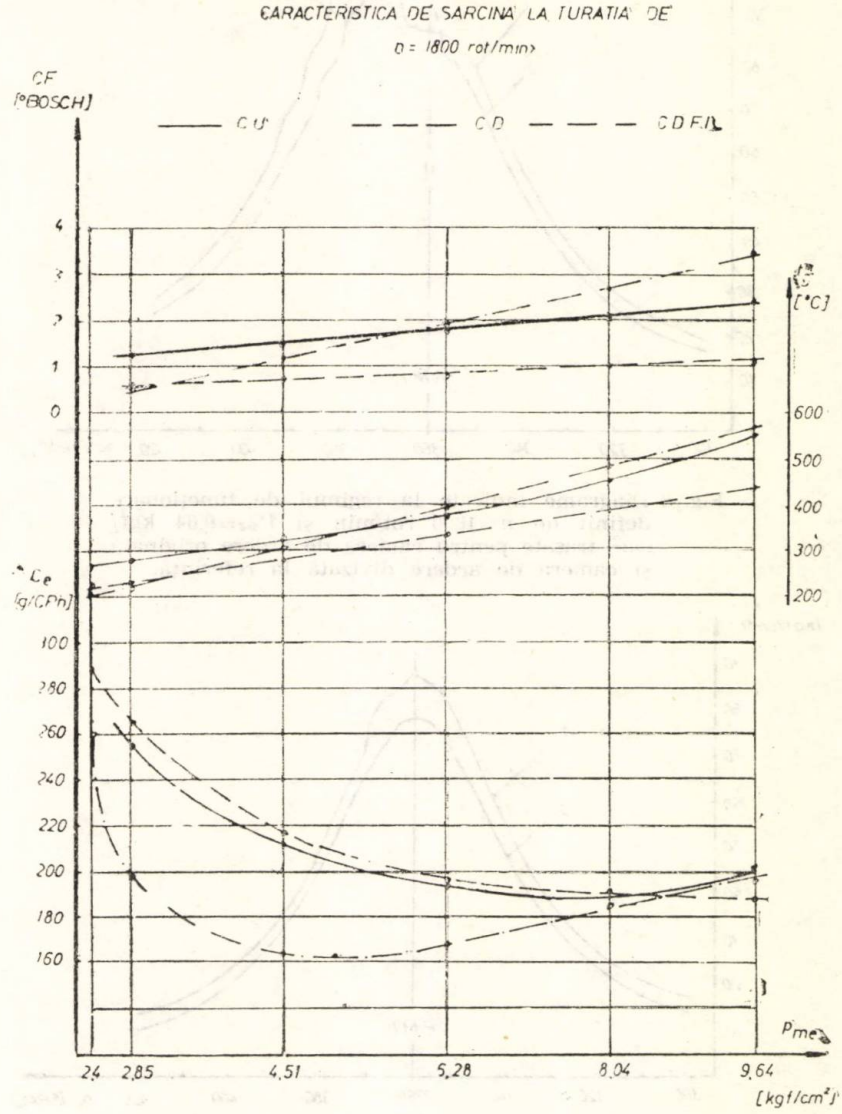


Fig. 7 Caracteristică de sarcină la turația de $n=$ 1800 rot/min, ridicată pentru soluția originală și soluțiile de referință.

gimuri de funcționare cu cele trei camere de ardere, care constituie obiectul studiului comparativ și care au fost încorporate succesiv în același motor.

Mișcarea intensă a fluidului motor ce ia naștere în camera de ardere divizată (CD) asigură

Camera de ardere divizată cu funcționare intermitentă (C.D.F.I.) obține intensificarea mișcării fluidului motor, cu un consum energetic minim, particularitate care îi conferă cea mai bună economicitate, în special la sarcini parțiale. Temperatura gazelor arse evacuate

are un domeniu de variație comparabil cu cel al soluțiilor de referință, în schimb cifra de fum este superioară acestora.

În figura 8 sînt prezentate diagramele indicate de variație a presiunii din cilindru, la turația de 1800 rot/min și presiunea medie efectivă de 9,64 Kgf/cm^2, pentru camera de

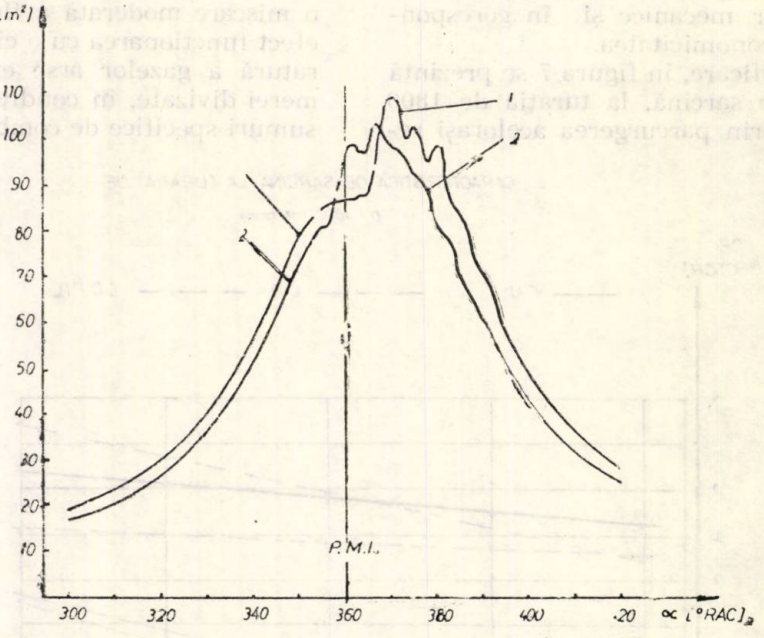


Fig. 8 Diagrame indicate la regimul de funcționare definit de n=1800 rot/min și P_{me}=9,64 kgf/cm^2, trasate pentru camera de ardere originală și camera de ardere divizată la referință.

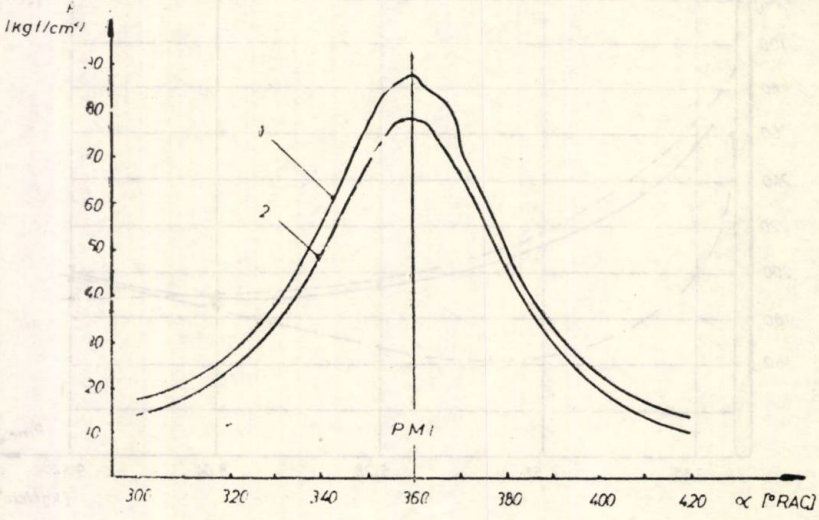


Fig. 9 Curbele de compresie aferente regimului din figura 8.

ardere divizată echipată cu difuzor de geometrie constantă (curba 1) și pentru camera de ardere divizată cu funcționare intermitentă (curba 2), iar în figura 9 sînt trasate curbele de compresie aferente.

Întrucît în cazul soluției originale, atît canalul de legătură cît și compartimentul separat, se formează cu intermitență numai în zona punctului mort interior, randamentul ciclului crește — fapt atestat de performanțele referitoare la economicitate — ca un efect direct al micșorării lucrului mecanic de compresie. Realitatea fenomenului descris este confirmată și de situarea curbei de compresie (2) a soluției originale sub curba de compresie (1) a camerei de ardere divizate clasice (fig. 9).

O calitate importantă a camerei originale de ardere este aceea că fracțiunea din masa fluidului motor izolată în compartimentul separat cu funcționare intermitentă este mai

intens încălzită în contact cu suprafețele calde (suprafața semicamerei superioare care materializează compartimentul separat atinge la plină sarcină temperaturi de 450—500°C).

Se obține astfel un efect important de temperatură care ușurează autoaprinderea combustibilului și micșorează întîrzierea la declanșarea arderii rapide. Această particularitate funcțională are consecințe importante asupra performanțelor motorului. Funcționarea acestuia devine mai liniștită (se micșorează intensitatea zgomotelor și trepidațiilor), iar presiunea maximă și viteza maximă de creștere a presiunii se reduc, micșorîndu-se astfel nivelul solicitărilor dinamice ale mecanismului motor. La regimurile de sarcină redusă, în care efectul de temperatură este hotărîtor, se obține un spor de randament. În plus, aprinderea combustibilului injectat în masa centrală de fluid motor izolată termic, chiar la pornirea motorului rece este sensibil ușurată. Toate aceste calități ale camerei de ardere originale au fost evidențiate în cercetările experimentale ale autorului.

În ceea ce privește nivelul solicitărilor mecanice, din analiza datelor prelucrate pe calculator rezultă faptul că presiunea maximă de ardere, obținută în funcționarea motorului cu soluția originală (p_z =104 Kgf/cm^2) este inferioară celei obținute în funcționarea motorului cu soluția de referință (p_z = 109,2 Kgf cm^2) Din punct de vedere a vitezelor medii de creștere a presiunii, diferențele sînt mult mai semnificative, ele înregistrînd valorile de 5,25 atm/°R.A pentru camera de ardere divizată și de numai 2,3 atm/°R.A pentru camera de ardere divizată cu funcționare intermitentă.

Deși avansul la injecție utilizat în experimentarea camerei de ardere divizate cu funcționare intermitentă este cu numai 2 °R.A mai mare decît cel utilizat în cazul camerei de ardere divizate de referință, totuși momentul desprinderii dintre curba de compresie și cea de ardere se situează la 356°R.A, pentru prima soluție, și 365°R.A pentru cea de a doua soluție. Din cele expuse rezultă faptul că, în cazul soluției originale, s-a obținut — la același regim de funcționare — o scurtare a duratei întîrzierii la autoaprindere cu 7°R.A față de soluția de referință.

Testele de pornire a motorului la rece, efectuate la temperatura de 4°C, în condițiile echipării succesive a acestuia cu cele trei soluții energetice care fac obiectul studiului comparativ, indică o reducere sensibilă a duratei de pornire, de la 60 . . . 70 secunde pentru camera de ardere originală.

Nivelul mai scăzut al consumului de combustibil și al socilitărilor mecanice, comparativ cu cel al motorului cu antecameră, solicitările termice moderate, precum și micșorarea întîrzierii la autoaprindere demonstrează rezervele camerei de ardere originale, în ceea ce privește diminuarea cifrei de fum, și constituie o dovadă a faptului că dezvoltarea în continuare a cercetărilor în direcția optimizării camerei de ardere divizate cu funcționare intermitentă prezintă interes.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Grünwald, B.*: Teoria, calculul și construcția motoarelor pentru autovehicule rutiere. București. Editura didactică și pedagogică 1980.

[2] *Grünwald, B., Ionescu, L.* : Cu privire la evaluarea analitică experimentală a mișcării de rotație a fluidului din cilindrul motorului de autovehicul. CONAT-ATMA. Brașov, noiembrie, 1985.

[3] *Băloiu S.* : Cameră de ardere divizată: Brevet de invenție nr. 76427, Republica Socialistă România.

[4] *Băloiu, S.* : Chambre de combustion divisee. d'inventation nr. 81 08225, Republique Française.

[5] *Băloiu, S.* : Unterteilte Brennkammer für Motoren. Patentschrift DE 31 16638 C2, Bundesrepublik Deutschland.

[6] *Băloiu, S., Grünwald, B., Dinu, N., Luța, L., Tothezan, P.* : Preocupări privind corelația dintre motorul cu aprindere prin compresie, de putere, medie, supraalimentat și combustibilul diesel-marin. Construcția de mașini nr. 2—3, 1983.

[7] *Băloiu, S., Grünwald, B., Bercea, O., Despa, N., Glăja, N., Adamesteanu, Janina* : Studiul performanțelor gazodinamice realizate de camera de ardere divizate cu funcționare intermitentă. Construcția de mașini, nr. 3, 1986.

[8] *Băloiu, S., Grünwald, B.* : Particularități privind mișcarea de rotație a fluidului motor, la o cameră de ardere divizată cu funcționare intermitentă. Construcția de mașini, nr. 3, 1986.

[9] *Băloiu, S., Grünwald, B., Tothezan, P.* : Studiul comparativ al mișcării fluidului motor la motoarele cu cameră de ardere divizată și la un motor echipat cu o cameră originală de ardere. Construcția de mașini nr. 11—12, 1986.

[10] *Băloiu, S., Grünwald, B., Boncoi, I., Vintilă, S.* : Cercetări experimentale privind corelați dintre jetul de combustibil, arhitectura camerei de ardere divizate cu funcționare intermitentă și mișcarea de rotație a fluidului motor. Construcția de mașini, nr. 2, 1988.

CZ : 621.436

Unele aspecte rezultate din cercetările motoarelor diesel răcite cu aer cu alezaj diametru 95 — prototip

Ing. Radu **ALBOTEANU**, ing. Nicu **IACOBLEV**, ing. Victor **NICOLESCU** – I.N.M.T. București

Introducere

Solicitate cu insistență de o serie de beneficiari pentru diverse utilizări, dintre care acționările grupurilor electrogene par a fi cele mai numeroase, atît din punct de vedere al numărului de unități cît și ca domeniu de puteri acoperit, motoarele diesel răcite cu aer din familia 5—55 CP, realizate în concepție proprie de către I.N.M.T., în colaborare cu Intreprinderea „Timpuri Noi" București, au constituit obiectul unei intense activități de cercetare desfășurate atît pe standurile de probe cît și în laboratoarele de profil.

Scopul cercetărilor a fost acela de a asigura acestor produse, încă din momentul introducerii în fabricație, performanțe superioare, la nivelul produselor similiare existente pe plan mondial.

Lucrările de cercetare desfășurate pe parcursul perioadei premergătoare probelor finale au condus la definitivarea soluției energetice a motorului. Referiri mai amănunțite legate de soluția energetică, printre care cele de stabilire a formei și dimensiunilor camerei de ardere și de realizare a echipamentului de injecție, astfel conceput încît să răspundă în cele mai bune condiții cerințelor acestor tipuri de motoare, au fost prezentate în lucrări anterioare [1, 2].

În cele ce urmează, se vor prezenta numai aspectele privitoare la comportarea pe ansamblu a motoarelor prototip, în cadrul cercetărilor finale vizînd stabilirea performanțelor lor, ca etapă intermediară, înainte de întocmirea documentației definitive de execuție.

Rezultatele cercetărilor

După cum se știe, familia de motoare diesel răcite cu aer cu alezaj de 95 mm cuprinde 4 reprezentanți, motoare cu 1,2, 3 și 4 cilindri în linie, denumite respectiv 1 (2, 3, 4) L 95/95 D.

O privire de ansamblu a principalelor performanțe, obținute cu aceste motoare în cadrul probelor preliminare de omologare, este prezentată în tabelul 1.

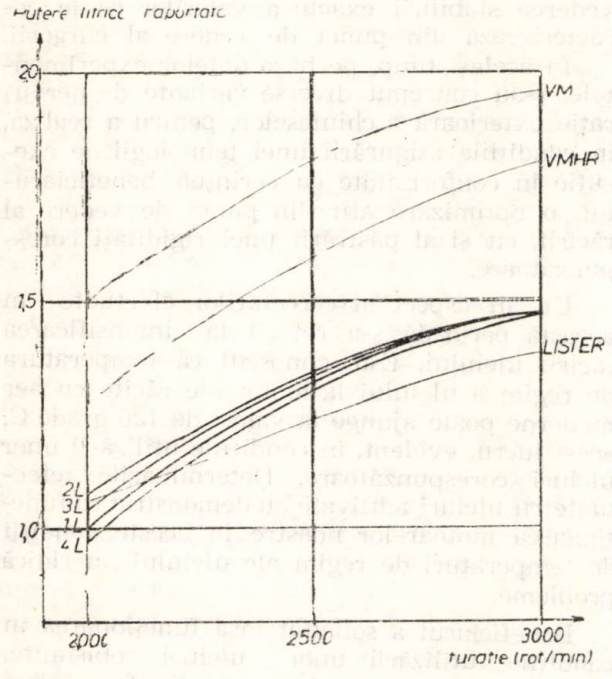
Aceste date au fost obținute în cadrul unor probe complexe efectuate cu fiecare din motoarele prezentate, după un număr de peste 100 de ore de funcționare (care includ rodajul).

Tabelul 1

Motor	1 L 95/95 D	2 L 95/95 D	3 L 95/95 D	4 L 95/95 D
Alezaj Cursă [mm/mm]		95/95		
Cilindree [l]	673	1346	2019	2692
Raport de compresie		18 : 1		
Turație nominală [rot/min]		3000		
Putere continuă P_a la regim nominal *)	100	100	100	100
Consum specific la regim nominal *)	100	97.6	95.5	94.9
Putere maximă *)	100	100	100	100
Moment motor maxim **)	110.5	111.5	111.5	115.3
Turație la moment maxim [rot/min]	2200	2200	2300	2200
Consum specific minim *)	93.4	89.8	87.9	88.1
Turație la consum specific minm· [rot/min]	2000	2200	2000	2000
Sarcină la consum specific minim [%]	100	100	100	100

*) Valorile acestor parametri sînt prezentate ca [%] din valorile impuse prin proiectare.
**) Valorile acestor parametri sînt prezentate ca [%] din valorile corespunzătoare regimului nominal.

Pe baza datelor înregistrate în cadrul probelor pe stand a celor patru motoare, s-au trasat caracteristicile de turație la plină sarcină. Compararea acestor caracteristici cu cele ale unor motoare similare, ca spre exemplu LISTER ST 1, ST 2, VM 195, 295 și chiar a unor motoare cu răcire mixtă aer-ulei, VM HR 192 A, 292 A, 392 A, 492 A, recunoscute ca avînd performanțe deosebite, scoate în evidență ase-



Fga 1 Comparație între puterile efective realizate de diferite motoare răcite cu aer (și aer-ulei).

mănări remarcabile, lucru ce se poate urmări în figurile 1, 2 și 3. Deosebirile care apar se referă la valorile maxime ale puterilor efective, mai mici în cazul nostru (fig. 1), lucru datorat faptului că, în etapa actuală a cercetărilor, s-au impus limite restrictive mai severe, dictate în primul rînd de creșterea peste valoarea de 95°C a temperaturii uleiului din baie, strîns legată de creșterea regimului termic al motorului, precum și de depășirea cifrei de fum, care în cadrul acestor probe nu a depășit valoarea de 2,5 unități Bosch.

Programul de cercetare a acestor motoare a cuprins cîteva etape intermediare, în cadrul cărora s-a urmărit și modul în care înlocuirea succesivă a unor subansamble influențează asupra caracteristicilor motoarelor. În acest mod a fost posibil, prin compararea rezultatelor, să se găsească modalitățile de îmbunătățire a parametrilor constructivi-funcționali ai acelor subansamble, pentru a corespunde cît mai bine funcționalității lor.

Ca urmare, în cadrul acestui program s-a trecut la realizarea și asimilarea în fabricație a unor subansamble specifice. Un element important al acestui program de asimilare l-a constituit, fără îndoială, realizarea de către I.N.M.T., în colaborare cu Intreprinderea „MEFIN" Sinaia, și Intreprinderea „Timpuri Noi", a echipamentului de injecție. De tip individual, utilizînd o serie de elemente ale pompele de injecție realizate pentru aceste în fabricația curentă a Intreprinderii „MEFIN", pompele de inecție realizate pentru aceste motoare au înlocuit un produs similar prevăzut inițial din import.

Din cele două variante cercetate, cu corp de alumniu și corp de fontă, în cadrul probelor experimentale pe motor, a rezultat că cea de a doua variantă prezintă caracteristici funcționale superioare, comparabile cu cele ale pompelor din import.

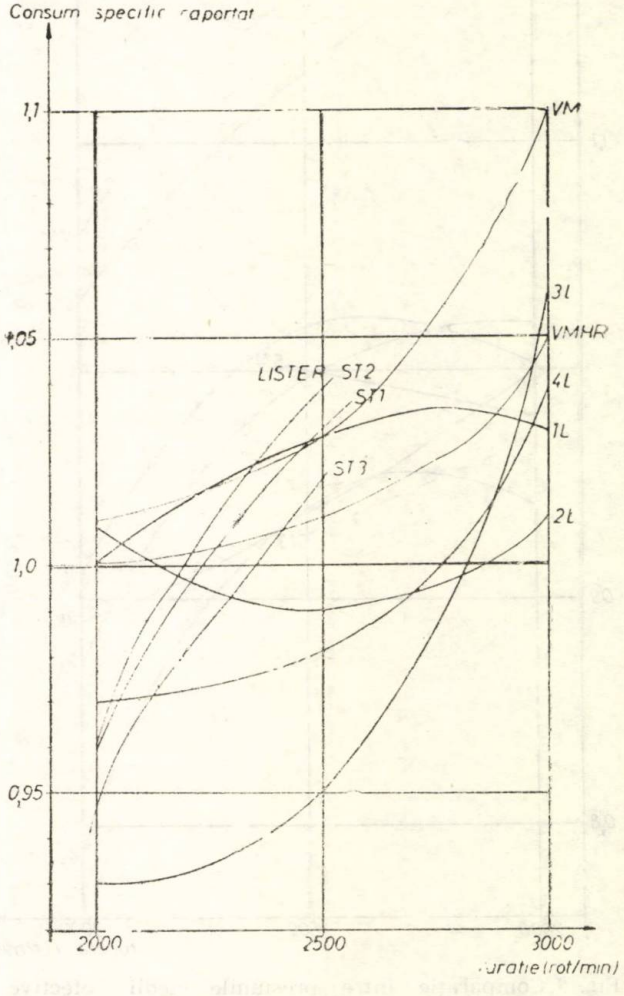


Fig. 2 Comparație între consumurile specifice realizate de diferite motoare răcite cu aer (și aer-ulei).

Acest echipament de injecție este în prezent omologat, echipînd în exclusivitate întreaga familie de motoare.

Un alt element care a constituit subiectul asimilării a fost cel referitor la piston. Este cunoscut că problema pistoanelor la motoarele

răcite cu aer prezintă un grad de dificultate mai ridicat, datorat regimurilor termice mai dificil de precizat și, prin urmare, de stăpînit. Ca urmare a cercetărilor efectuate, care și-au propus stabilirea încărcărilor termice în vederea precizării formei geometrice și a jocurilor, s-a trecut la realizarea constructivă a unui piston care să înlocuiască pistonul prevăzut inițial din import.

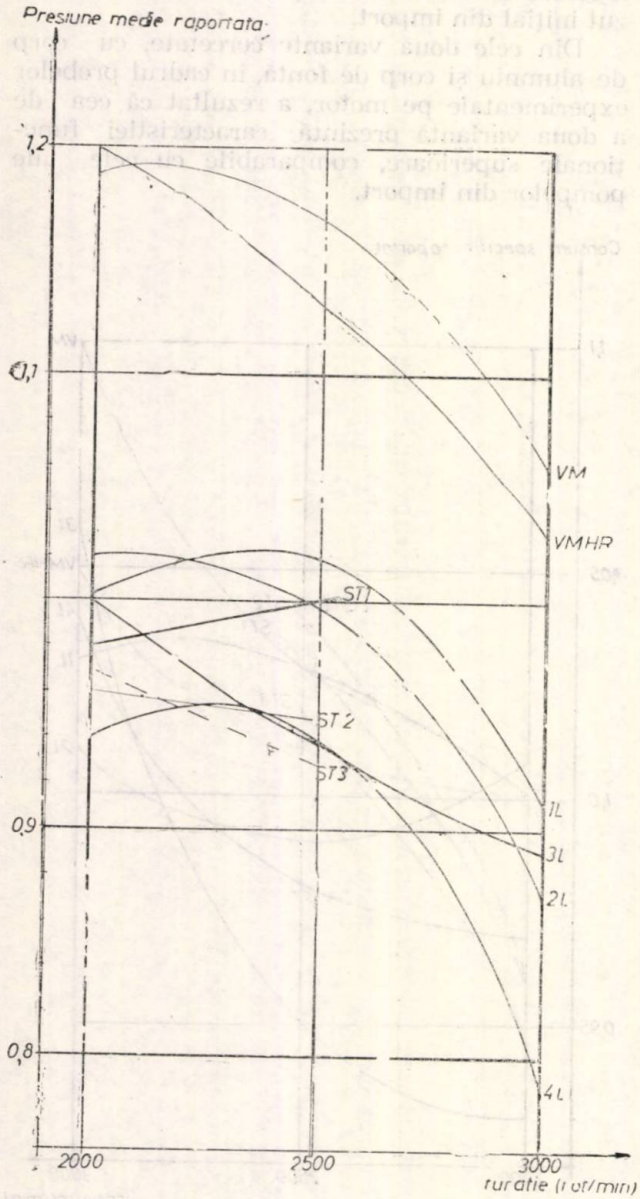


Fig. 3 Comparație între presiunile medii efective realizate de diferite motoare răcite cu aer (și aer-ulei).

În cadrul probelor cu motorul echipat cu pistonul fabricat în țară, performanțele inițiale s-au păstrat, motiv pentru care, înlocuirea fiind posibilă, s-a trecut la asimilarea în fabricație și a acestui reper.

Subiectul unor ample cercetări, valorificînd și experiența anterior dobîndită, a constituit realizarea chiulaselor și, în mod deosebit, a arhitecturii canalelor de admisie. În cadrul laboratorului de profil, au fost cercetate diferite variante de canale de admisie, care au fost concepute să asigure umpleri cît mai bune și turbionări ale încărcăturii într-o plajă mai largă, în jurul valorii estimate în calculele care au stat la baza stabilirii formei camerei de ardere. În cadrul probelor pe motor, s-a trecut la optimizarea canalelor, în vederea stabilirii exacte a valorilor ce le caracterizează din punct de vedere al curgerii.

În același timp, pe baza datelor experimentale, s-au conceput diverse variante de nervurație exterioară a chiulaselor, pentru a realiza, în condițiile asigurării unei tehnologii de execuție în conformitate cu cerințele beneficiarului, o optimizare atît din punct de vedere al răcirii, cît și al păstrării unei rigidități corespunzătoare.

Un alt aspect al cercetărilor efectuate în această perioadă s-a referit la intensificarea răcirii uleiului. Este cunoscut că temperatura de regim a uleiului la motoarele răcite cu aer moderne poate ajunge la valori de 130 grade C, acest lucru, evident, în condițiile utilizării unor uleiuri corespunzătoare. Determinările efectuate cu uleiuri aditivate au demonstrat că funcționarea motoarelor noastre în aceste condiții de temperaturi de regim ale uleiului nu ridică probleme.

Beneficiarul a solicitat însă funcționarea în condițiile utilizării unor uleiuri obișnuite, motiv pentru care s-a impus ca limita maximă admisă pentru uleiul de răcire — temperatura de 95°C. Evident că această măsură a impus redimensionarea sistemului de răcire, lucru realizat pe două căi. Prima din ele se referă la intensificarea răcirii cilindrilor și a chiulaselor, printr-o optimizare a suflantelor și a traseului de aer și a doua, prin creșterea eficienței schimbului de căldură la nivelul răcitorului de ulei, atît prin amplasarea judicioasă a răcitorului în curentul de aer de răcire, cît și prin utilizarea unui răcitor de ulei mai eficient.

Fără discuție că în cadrul probelor de stand au apărut și alte probleme, multe din ele legate de optimizarea unor soluții constructive. Rezolvarea acestora a condus la conturarea soluției finale a acestor motoare, urmînd ca în cadrul unor probe ulterioare să se certifice calitatea lor incontestabilă.

Concluzii

Pornind de la premiza obținerii unor performanțe care să situeze motoarele răcite cu aer din familia 5—55 CP în rîndul unor produse similare existente pe plan mondial, cercetările desfășurate în cadrul etapei premergătoare

omologării au încercat să evidențieze aspectele referitoare la comportarea pe ansamblu a fiecărui motor în parte, a modului în care acestea corespund datelor de proiectare și, evident, a măsurilor ce trebuie luate în continuare pentru introducerea lor în fabricație.

În cea mai mare parte, cercetările acestei perioade s-au referit la analiza soluției energetice, prin prisma performanțelor motoarelor, prin acordarea echipamentului de injecție, realizat tot în concepție proprie, cu arhitectura camerei de ardere.

Se poate aprecia că, pe ansamblu, actuala soluție energetică corespunde pe deplin solicitărilor impuse, asigurînd întregii game de motoare performanțe deosebit de bune.

Este important de remarcat că, încă din această etapă, s-a asigurat și integrarea tuturor reperelor, motoarele fiind realizate în proporție de 100% cu subansamble din producție internă.

Legat de obținerea performațelor, se consideră că sînt în continuare de analizat aspecte legate de menținerea unui regim termic adecvat, prin asigurarea unui schimb de căldură mai intens la nivelul răcitorului de ulei. Cercetările referitoare la amplasarea și dimensiunile acestuia sînt în faza finală, lucru care va contribui în mod substanțial la îmbunătățirea performanțelor.

Legat de soluțiile constructive adoptate, se poate considera că în linii mari acestea sînt definitivate, impunîndu-se însă și unele măsuri care să conducă la reducerea greutății unor subansamble componente.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Manea, A., Damian, C.*: Soluție energetică pentru motoarele diesel din familia 5—55 CP, răcite cu aer. În „A patra sesiune de comunicări tehnico-științifice I.N.M.T.", 24—25 noiembrie, București, vol. I, pag. 36.

[2] *Manea, A., Ioanid, C., Dincă, M., Alboteanu, R.*: Echipament de injecție pentru motoarele din familia 5—55 CP, răcite cu aer. În „A patra sesiune de comunicări tehnico-științifice I.N.M.T.", 24—25 noembrie, București, vol. II, pag. 149.

CZ : 621.431

Analiza fenomenelor rapide în motoarele termice

Ing. Eugen **PROCOPOVICI**, ing. Gheorghe **TIȚU**, ing. Constantin **POPESCU** — I.N.M.T. București

Introducere

În studiul experimental al funcționării motoarelor termice, un rol important îl are analiza parametrilor cu variație rapidă : presiunea în cilindru sau antecameră, presiunea în injector, cursa acului injectorului etc. Din prelucrarea acestor semnale și din interpretarea rezultatelor, se trag concluzii esențiale în legătură cu performanțele motoarelor și cu metodele de îmbunătățire a acestora.

Și la I.N.M.T., încă de la începutul activității de cercetare a motoarelor termice, a existat o preocupare permanentă pentru analiza fenomenelor rapide din motoare.

Inițial această analiză se făcea folosind un osciloscop obișnuit cu mai multe canale și un sistem de sincronizare corespunzător, permițîndu-se astfel vizualizarea formei de undă asociate fenomenelor analizate.

Acest tip de analiză dădea numai o informație calitativă asupra comportării motorului, iar datele se pierdeau după terminarea experimentului.

Apărea însă ca o necesitate stringentă obținerea unor informații cantitative privind funcționarea motorului, cît și prelucrarea datelor obținute, pentru a extrage din acestea anumiți parametri ai motorului care nu puteau fi măsurați în mod direct (de exemplu presiunea medie indicată).

Aceasta implică realizarea unor sisteme digitale de analiză, apte să facă prelucrarea datelor culese și să stocheze rezultatele, pentru ca cercetătorul să-și poată continua activitatea și după terminarea experimentului.

Pornind de la aceste considerente, în cadrul laboratorului L 1 al I.N.M.T., s-a pus problema realizării unor sisteme digitale de analiză a fenomenelor rapide din motoare, care beneficiau și de scurtarea timpului de cercetare și, implicit, de creșterea productivității muncii și reducerea consumului de combustibil, prin prelucrarea imediată a datelor culese și prezentarea lor într-o formă ușor de interpretat de către experimentator.

Prezentarea generală a unui sistem de analiză

Toate sistemele digitale de analiză a fenomenelor rapide din motoare au, în general, aceleași blocuri funcționale, sistemele diferind unul de altul prin modul de realizare a acestor blocuri cît și prin performanțe.

În figura 1 se prezintă schema-bloc a unui astfel de sistem, din care se vede componența acestuia. Cele n traductoare Tr. 1 ÷ Tr. n, montate în diferitele puncte pe motor, dau semnalele electrice care sînt amplificate de

cele n amplificatoare A1 ÷ An. Semnalele rezultate sînt trimise pe rînd prin intermediul multiplexorului la convertorul A/D, care transformă semnalul analogic în semnal digital și îl introduce în memoria de achiziție. Semnalele de la traductoarele T.U. (traductorul de unghi) și T.P.M. (traductorul de punct mort), prin intermediul interfețe, permit efectuarea achiziției sincron cu poziția arborelui cotit al motorului. Deoarece viteza de conversie este mare, conversia nu se poate face sub controlul unității centrale, ci în regim DMA (acces direct la memorie).

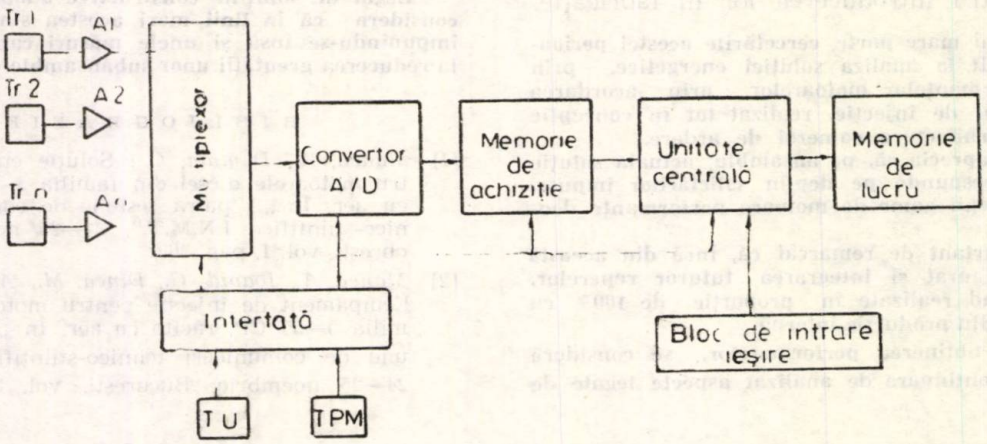


Fig. 1 Schema-bloc a unui sistem de analiză a fenomenelor rapide cu un singur convertor analog-digital.

Unitatea centrală efectuează prelucrarea datelor utilizînd memoria de lucru, iar prin intermediul blocului de intrare-ieșire comunică operatorului rezultatele obținute.

Unele sisteme folosesc, ca unitate centrală, un minicalculator cu viteză de lucru și posibilități de calcul, foarte mari, dar pentru astfel de sisteme, unde volumul de calcul este relativ redus, în ultimul timp, se folosesc din ce în ce mai des microcalculatoare care sînt mult mai ieftine.

Sistemele de analiză a fenomenelor rapide din motor realizate la I.N.M.T.—L 1

Primul sistem realizat în laboratorul L 1, folosit în analiza fenomenelor rapide din motoare, a fost făcut pentru Institutul Politehnic din București și era utilizat la studiul injecției în motoarele diesel. Schema-bloc a acestuia era asemănătoare cu cea din figura 1, cu deosebirea că acesta făcea analiza unui singur canal, astfel încît multiplexorul nu a mai fost necesar. Convertorul A/D era cu 8 biți, realizat prin tehnica aproximării succesive, iar unitatea centrală a fost realizată cu microprocesorul 8080. Blocul de intrare-ieșire era o imprimantă de tip Centronix, realizată la Fabrica de Calculatoare Electronice.

Al doilea sistem realizat în laboratorul L 1 și folosit în standurile de încercare ale I.N.M.T. a inclus în el un osciloscop cu memorie digitală da tipul Nicolet Explorer III, care conține convertorul A/D și memoria de achiziție. Întrucît analiza se făcea tot pentru un canal, multiplexorul nu a mai fost necesar. Unitatea centrală a fost realizată tot cu microprocesorul 8080, iar blocul de intrare-ieșire a fost conceput ca o claviatură și un afișaj numeric, adăugate la ecranul osciloscopului, astfel încît controlul întregului sistem se face de la claviatură, iar rezultatele analizei sînt afișate pe ecranul osciloscopului și pe afișajul numeric.

Sistemul beneficiază și de o unitate de minidischete, astfel încît, atît rezultatele experimentelor cît și seturile de programe de lucru sînt păstrate pe aceste dischete.

Un alt sistem aflat în lucru are schema-bloc prezentată în figura 2. După cum se observă, prin comparația cu sistemul din figura 1, sistemul are patru canale fiecare avînd convertorul A/D propriu. S-a renunțat la soluția cu multiplexor, care era mai ieftină, deoarece convertorului A/D i s-ar fi cerut o viteză mult mai mare, care nu ar fi fost obținută datorită limitărilor tehnologice.

Sistemul are în componență un microcalculator realizat cu microprocesorul Z 80, iar afișarea rezultatelor se face pe un dispozitiv DAF 2020 care permite și trasarea de grafice. Opțional, rezultatele pot fi copiate pe o imprimantă ROMCONTROL 9335 cu posibilități grafice.

Începutul achiziției este dat de către semnalul generat de traductorul de punct mort, care corespunde poziției limită superioară sau inferioară a pistonului în cilindru. Traductorul de unghi dă un semnal la deplasarea unghiulară cu 1° a arborelui cotit. La fiecare impuls se face cîte o conversie la cele 4 convertoare A/D, pe un ciclu motor efectuîndu-se 720 conversii pe fiecare canal.

Convertorul A/D, realizat tot cu aproximare succesivă, este cu 10 biți. După achiziție datele sînt memorate în memoria de achiziție. Datorită vitezei mari de lucru, transferul datelor în memorie nu este contralat de microprocesor, ci se realizează prin acces direct la memorie (D.M.A.).

Interfața cu unitatea centrală creează toate semnalele necesare conversiei A/D și transferului de date în memorie.

$dP/d\alpha$ care este o mărime ce indică duritatea arderii în cilindru.

Calculul presiunii medii indicate. Prin acest program se realizează calculul lucrului mecanic dezvoltat de cilindru într-un ciclu. Acest parametru dă informația de bază pentru a calcula randamentul motorului.

Histograma presiunii maxime. Cu acest program se obține distribuția presiunii maxime, în raport cu poziția arborelui cotit, obți-

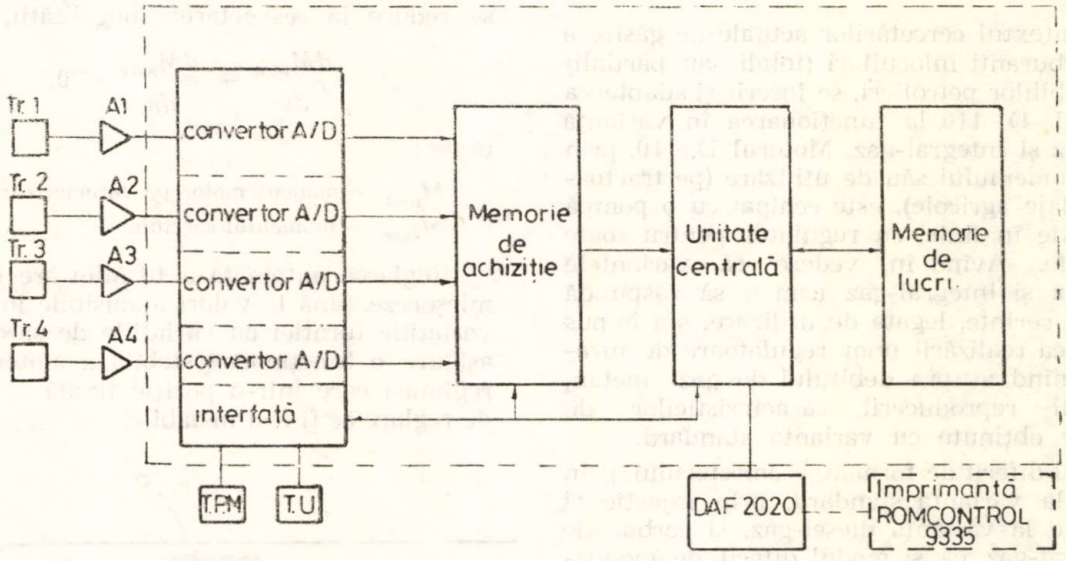


Fig. 2 Schema-bloc a unui sistem de analiză a fenomenelor rapide cu mai multe convertoare analog-digitale.

Ea preia comanda de la microprocesor în timpul conversiei A/D și i-o redă după ce s-a realizat culegerea datelor pe un ciclu motor.

După terminarea culegerii datelor, unitatea centrală prelucrează datele culese și afișează rezultatele obținute pe dispozitivul DAF 2020.

Prelucrarea semnalelor

Prelucrarea semnalelor culese se face după programe înregistrate în memoria ROM a microcalculatorului. Tipul de prelucrare a semnalelor se alege de la claviatura dispozitivului DAF 2020. Enumerăm cîteva din posibilitățile de prelucrare a semnalului :

Medierea. Cu acest program semnalele culese de la traductoare se mediază pe mai multe cicluri, pentru a îndepărta fenomenele parazite care nu sînt corelate cu procesul din motor. Numărul de cicli pe care se face mediera poate fi ales de operator.

Diferențierea. Prin acest program, semnalul mediat de programul anterior este derivat. În cazul motoarelor termice, derivînd presiunea din cilindru în raport cu unghiul, obținem

hîndu-se o măsură a constantei funcționării motorului.

Setul de programe se dezvoltă în funcție de solicitările beneficiarului.

Concluzii

Trecînd prin mai multe etape, prin acumulare de experiență, laboratorul L 1 din I.N.M.T. în analiza fenomenelor rapide din motoare, a ajuns la sistemul descris la sfîrșitul paragrafului 3 de mai sus. Sistemul prezentat poate fi extins la mai mult de 4 canale. De asemenea, se poate include în sistem un generator de tact, astfel încît să permită culegerea datelor printr-o sincronizare internă. Întrucît achiziția se face în paralel, sistemul este apt de culegere și prelucrare a semnalelor rapide din orice domeniu.

De asemenea, sistemul este util în prelucrarea semnalelor rapide singulare, întrucît după ce s-a terminat o achiziție, aceasta este păstrată în memorie atît cît dorește operatorul. Pe plan internațional, au fost realizate sisteme similare folosind minicalculatorul PDP 11—34 sau Hewlett-Packard 21 Mx, acestea fiind mai performante în viteza de lucru și în viteza de culegere a datelor (folosind convertoare de 12 biți).

Pentru tipul de măsurări descris în acest articol, viteza și precizia sistemului sînt suficiente chiar și pentru testarea motoarelor de automobil.

Sistemele analizate sînt realizate cu componente din țară și din țările socialiste. Ele sînt compacte, ușor transportabile permițînd efectuarea de măsurări și în condiții de teren.

CZ : 621-436

Utilizarea unor regulatoare de turație la motorul D-110 alimentat în varianta diesel-gaz și integral-gaz

Ing. Liviu **DRĂGUȚAN**, ing. Adrian **TOMESCU** — I.N.M.T. București

Introducere

În contextul cercetărilor actuale de găsire a unor carburanți înlocuitori (totali sau parțiali) combustibililor petrolieri, se înscrie și adaptarea motorului. D. 110 la funcționarea în variantă diesel-gaz și integral-gaz. Motorul D. 110, prin natura domeniului său de utilizare (pe tractoare și utilaje agricole), este echipat cu o pompă de injecție în linie, cu regulator pentru toate regimurile. Avînd în vedere că variantele diesel-gaz și integral-gaz urmau să răspundă acelorași cerințe, legate de utilizare, s-a impus necesitatea realizării unor regulatoare de turație acționînd asupra debitului de gaz metan, în scopul reproducerii caracteristicilor de regulator obținute cu varianta standard.

Modul diferit de formare a amestecului, prin injecție la varianta standard, prin injecție și carburație la varianta diesel-gaz, și carburație la integral-gaz, ca și modul diferit de modificare a sarcinii la motorul echipat cu pompă de injecție, față de cel echipat cu carburator, au ridicat probleme dificile accentuate și de faptul că rezolvarea s-a dorit cît mai simplă și cu gabarit redus.

Dozarea amestecului aer-gaz metan este realizată de carburatorul prezentat în figura 1, cantitativ prin intermediul clapetei 6 și calitativ prin ridicarea conului 4 proporțional cu debitul de aer aspirat.

Diferitele poziții ale conului reprezintă stări de echilibru între forța creată de depresiunea din difuzor, care este transmisă deasupra membranei 2, prin canalele 1, și forța de comprimare din arcul 3. Prin profilarea corespunzătoare a conului, funcție de cursa membranei și debitul de aer, se poate realiza coeficientul de exces de aer necesar unei funcționări economice a motorului. Reglarea automată a turației, în cazul alimentării cu combustibil gazos, la acest carburator, presupune acționarea clapetei carburatorului de către elementul de comandă al regulatorului.

La o modificare importantă a caracteristicii de sarcină, se schimbă și turația motorului, mai mult sau mai puțin, funcție de gradul de neregularitate pe care-l poate asigura regulatorul, în condițiile unei funcționări stabile, ceea ce se reduce la respectarea inegalității, [1] :

$$\frac{dM_{mot}}{dn} - \frac{dM_{sarc}}{dn} < 0,$$

unde :

M_{mot} — moment motor pe caracteristica parțială;
M_{sarc} — momentul sarcinii.

Reglarea automată a turației are scopul să micșoreze, pînă la valori admisibile în practică, variațiile turației cu variațiile de sarcină și să asigure o funcționare stabilă a motorului, la regimuri care într-o poziție fixată a organului de reglare ar fi fost instabile.

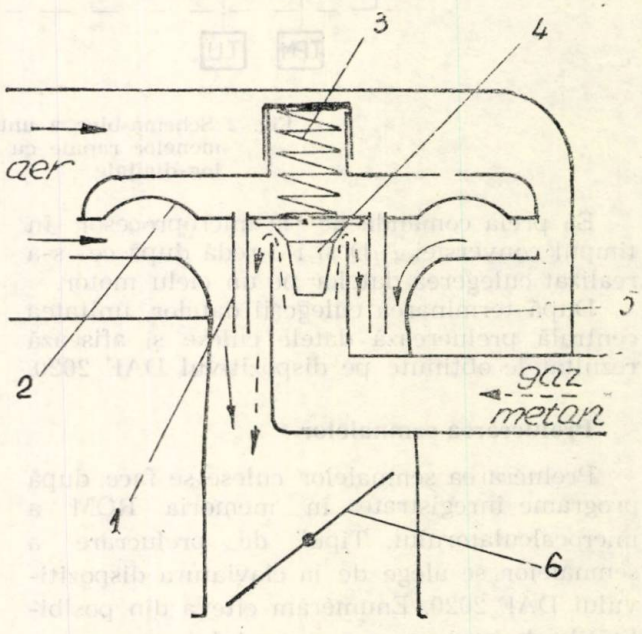


Fig. 1 Schema funcțională a carburatorului de gaz metan.

De asemenea, oscilațiile mecanismului regulatorului și ale organului de reglare trebuie să rămînă foarte mici.

Rezultate obținute cu variantele diesel-gaz

La toate variantele diesel-gaz, debitul maxim de motorină este de 30% din cel nominal și s-a obținut prin limitarea cursei cremalierei pompei de injecție.

Avînd în vedere cerințele de simplitate și fiabilitate, s-au realizat și experimentat mai multe variante de regulatoare pneumatice, pentru toate regimurile acționate de depresiunea din galeria de admisie.

Funcționarea lor se bazează pe faptul că depresiunea din difuzorul montat în galeria de admisie se mărește proporțional cu turația. În figura 2 este prezentată varianta 1 (V 1) de regulator pneumatic pentru motorul D—110 diesel-gaz.

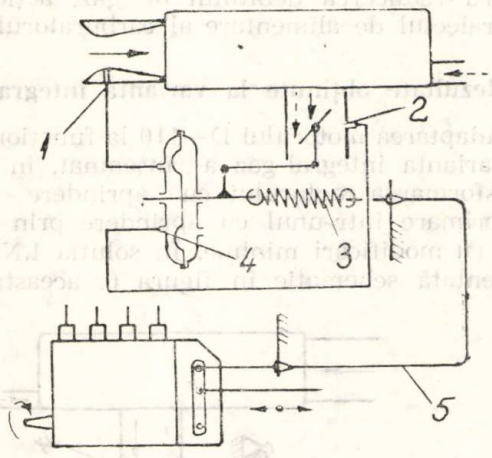


Fig. 2 Varianta 1 diesel-gaz regulator pneumatic.

Membrana 4 a regulatorului este acționată de diferența depresiunilor date de cele două prize, 1 (fig. 2) — situată în difuzorul de la intrarea în carburator și 2 — situată sub clapeta carburatorului. Cele două prize au rolul de a păstra o variație liniară a depresiunii de comandă cu turația motorului indiferent de sarcină, respectiv de poziția clapetei. Diferitele caracteristici de regulator sînt obținute prin tensionarea arcului 3, cu ajutorul cablului 5, simultan cu comanda de injecție.

Soluția a condus la obținerea unui grad de neregularitate cu 36% mai mare față de standard, la turații apropiate de regimul nominal, și a unui grad de neregularitate tinzînd către zero, la turații reduse. Aceste rezultate se explică prin faptul că un anumit raport între secțiunile celor două prize 1, 2 (fig. 2), realizează o variație liniară a depresiunii cu sarcina și turația, numai pentru un interval de turații.

De asemenea, experimentările au pus în evidență și alte inconveniente ale acestui tip de regulator și anume : grad de insensibilitate mare, histerezis mare variind funcție de intervalul de turații și reacție lentă la variațiile sarcinii comparativ cu varianta standard.

Reacția lentă se explică prin viteza finită de transmitere a undelor de presiune în aer și prin volumul de deasupra membranei regulatorului și dozatorului pneumatic al carburatorului.

Avînd în vedere viteza mică de răspuns, regulatorul pneumatic nu poate fi utilizat la motoarele ce echipează tractoare, însă poate fi folosit ca instalație auxiliară pentru standurile de rodaj, cu gaz metan și la alte utilaje agricole cum sînt grupurile moto-pompă.

Instalația auxiliară pentru standurile de rodaj este prezentată schematic în figura 3, deosebirea față de V 1 constînd în faptul că

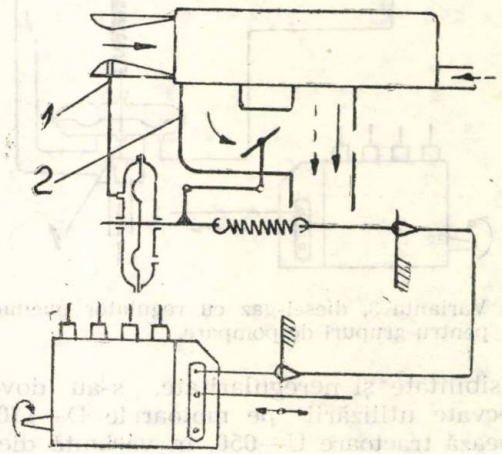


Fig. 3 Varianta 2 diesel-gaz cu regulator pneumatic, pentru standurile de rodaj.

regulatorul este acționat de o singură depresiune preluată din priza 1, iar clapeta este situată pe galeria 2, în paralel cu carburatorul.

Datorită acestei configurații depresiunea de comandă are o variație proporțională cu turația fiind influențată într-o măsură mult mai mică de sarcină, însă comparativ cu V 1 consumurile specifice sînt mai mari la parțiale joase, datorită creșterii coeficientului de exces de aer. Gradul de neregularitate obținut a fost de 13%, față de 9% la varianta standard, avînd alura din figura 7.

O cale de mărire a vitezei de răspuns a motorului la modificarea sarcinii o constituie acțiunea directă a regulatorului asupra alimentării cu gaz metan a carburatorului, (fig. 4), unde este prezentată schematic varianta 3.

Această variantă echipează motoarele D—110 diesel-gaz, pentru grupuri de pompare, care necesită reglarea pentru un singur regim, regulatorul pneumatic funcționînd practic ca limitator. Gradul de neregularitate a fost același ca la varianta standard și viteza de răspuns asemănătoare, însă alura caracteristicii a fost diferită (fig. 7), datorită inelului de etanșare 1, (fig. 4), situat deasupra conului de reglare a debitului de gaz. Soluția V 3 realizează aceleași consumuri specifice ca și V 2, datorită lipsei clapetei care conduce la coeficienți de exces de aer mari, la sarcini mici, în schimb a contribuit la simplificarea soluției.

Variantele de regulatoare pneumatice prezentate, cu toate îmbunătățirile ce li s-au adus, în scopul reducerii frecărilor și a gradului de

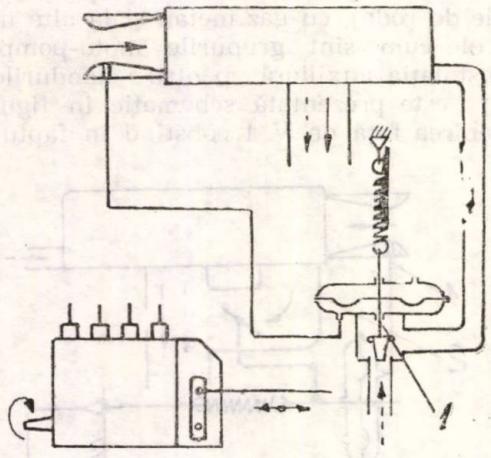


Fig. 4 Varianta 3, diesel-gaz cu regulator pneumatic, pentru grupuri de pompare.

insensibilitate și neregularitate, s-au dovedit inadecvate utilizării pe motoarele D—110 ce echipează tractoare U—650, în variantă diesel-gaz și integral-gaz.

Pentru soluționarea acestei probleme, s-a folosit un regulator centrifugal pentru toate regimurile identic cu cel al pompei de injecție, așa cum se poate vedea la varianta 4 prezentată schematic in figura 5.

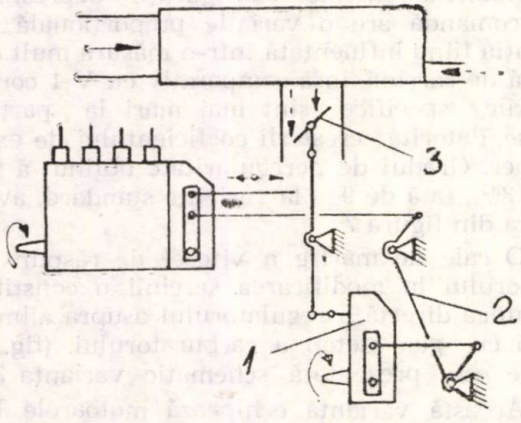


Fig. 5 Varianta diesel-gaz cu regulator centrifugal, pentru echiparea tractoarelor.

Regulatorul 1 ce acționează clapeta 3 a carburatorului de gaz este antrenat printr-un sistem de roți dințate de priza turometrului motorului și sincronizat, printr-un sistem de pîrghii 2, de comanda pompei de injecție. Datorită limitării cursei cremalierei pompei de injecție, pentru un debit maxim de 30% din cel nominal cele două regulatoare nu au interacționat astfel încît să apară fenomene de instabilitate a reglării. Rezultatele obținute au pus în evidență grade de neregularitate identice cu varianta standard și caracteristici de regulator similare, în condițiile reducerii consumurilor specifice energetice pe externă, față de standard și la sarcini parțiale față de V 2 și V 3.

Totuși, la sarcini parțiale reduse, consumurile specifice cresc față de varianta standard, întrucît clapeta 3 nu poate fi închisă peste o anumită poziție, fără a afecta aprinderea motorinei. Pentru această gamă de regimuri, ar trebui prevăzut un sistem acționat de regulator, pentru reducerea debitului de gaz, acționînd pe traiectul de alimentare al carburatorului.

Rezultate obținute la varianta integral-gaz

Adaptarea motorului D—110 la funcționarea în varianta integral-gaz a însemnat, în fapt, transformarea motorului cu aprindere prin comprimare într-unul cu aprindere prin scînteie, cu modificări minime. În soluția I.N.M.T. prezentată schematic în figura 6, aceasta s-a

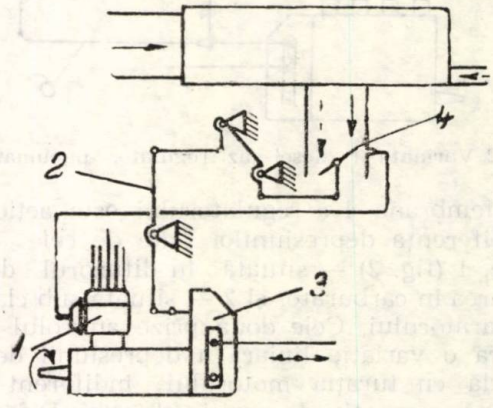


Fig. 6 Varianta 5, integral-gaz cu regulator centrifugal, pentru echiparea tractoarelor.

realizat reducînd raportul de comprimare de la 17 la 12, prin strunjirea capetelor pistoanelor, înlocuirea instalației de injecție cu un delcou 1, realizarea unei timonerii 2 între regulatorul centrifugal 3 și clapeta 4 a carburatorului.

La variantele diesel-gaz prezentate, deși regulatorul pompei intervenea numai asupra a 30% din debitul nominal, asigura o reglare a debitului motorinei conform caracteristicilor inițiale, adăugînd un grad de stabilitate mărit reglării realizate prin intermediul clapetei carburatorului.

La varianta integral-gaz, V 5, singurul element de reglare a sarcinii îl constituie clapeta carburatorului acționată de regulatorul centrifugal, astfel încît neajunsurile acestui mod de reglare s-au accentuat conducînd la obținerea, în condițiile unei funcționări stabile la orice regim, a unui grad de neregularitate mărit, 13% față de 9% la standard, și a unor curbe de regulator avînd alura din figura 7.

Cauzele care au condus la obținerea acestor rezultate sînt legate de principiul funcțional al carburatorului de gaz, iar prin mărirea gradului de neregularitate față de standard, s-a urmărit atenuarea efectelor, o funcționare stabilă și lipsa oscilațiilor la modificarea rapidă a sarcinii.

Una din cauze a fost neliniaritatea variației momentului la o mișcare liniară, proporțională cu turația, a comenzii clapetei, Această pro-

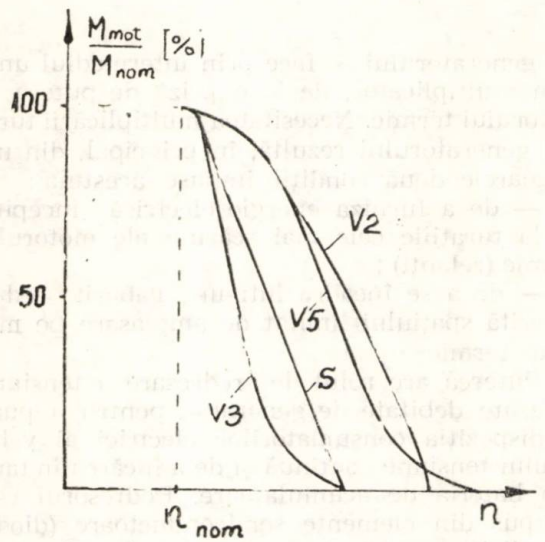


Fig. 7 Alura curbelor de regulator la regim nominal.

blemă se putea soluționa, prin corelarea deschiderii clapetei respectiv a variației momentului motor, cu mișcarea elementului de comandă al regulatorului prin intermediul unei came. S-a preferat din motive de simplificare a soluției, mărirea gradului de neregularitate.

O altă cauză legată de reacția mai lentă a carburatorului de gaz, respectiv a dozatorului pneumatic, comparativ cu varianta standard din mai multe motive : inerția ansamblului con-membrană, rigiditatea membranei și constanta arcului, corelate cu diametrul difuzorului 5 (fig. 1), volumul de deasupra membranei 2 corelat cu diametrul țevilor 1 și, de asemenea, viteza finită a undelor de depresiune. Deși s-a încercat optimizarea elementelor componente ale dozatorului, nu s-a putut elimina această întîrziere, astfel încît a trebuit acceptată mărirea gradului de neregularitate, în fapt corelarea vitezei de răspuns a regulatorului cu cea a carburatorului de gaz.

Concluzii

Utilizarea gazului metan drept combustibil la motorul D—110, în variantele prezentate în lucrare, conduce la următoarele concluzii :

— modul diferit de formare a amestecului aer-motorină și aer-gaz metan, în ceea ce privește precizia și viteza de modificare a dozajului, creează probleme independente de tipul regulatorului utilizat, atunci cînd se dorește reproducerea fidelă a funcționării variantei standard ;

— utilizarea regulatoarelor pneumatice la motoare ce echipează tractoare agricole nu este posibilă, datorită caracteristicilor de regulator necorespunzătoare, varianta V 1, sau a răspunsului lent la modificări de sarcină cauzate de cumularea întîrzierilor acționărilor pneumatice ale regulatorului și dozatorului de gaz, variantele V 1 și V 2 ;

— regulatoarele pneumatice pot servi la echiparea motoarelor utilizate la grupurile de pompare, varianta V 3, la motoare staționare sau la instalațiile auxiliare de rodaj cu gaz metan, varianta V 2 în general servind ca alternativă mai simplă față de regulatorul centrifugal atunci cînd condițiile de funcționare o permit ;

— soluțiile V 2 și V 3 prezintă consumuri specifice energetice de combustibil mai mari pe parțiale, comparativ cu variantele V 1 și V 4 datorită măririi coeficientului de exces de aer la aceste regimuri ;

— soluția diesel-gaz cu regulator centrifugal, V 4, prezintă cea mai mare apropiere de standard, în ceea ce privește alura caracteritsicilor de regulator și viteza de răspuns la modificarea sacinii, avînd consumuri specifice comparabile pe parțiale și mai mici la sarcini mari față de standard ;

— soluția integral gaz V 5 ar putea fi îmbunătățită, în sensul reducerii gradului de neregularitate și a modificării alurii caracteristicilor de regulator, prin optimizarea elementelor mobile ale dozatorului, corelată cu respectarea unei proporționalități între variația turației și a sarcinii printr-o acționare corespunzătoare a clapetei ;

— schemele de acționare cu regulatoare centrifugale pentru toate regimurile, spre deosebire de cele pneumatice, au permis apropierea într-o măsură mai mare de caracteristicile standard ale motorului D—110, fiind însă mai complicate și mai costisitoare.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Vanșeidt, V.A.:* Motoare diesel. (Traducere din rusă). Editura tehnică, București, 1959.

[2] *Grünwald, B.:* Calculul și construcția motoarelor pentru atuovehicule rutiere. Editura didactică și pedagogică, București, 1980.

CZ : 621.313

Surse moderne de alimentare cu energie electrică pentru motoare diesel rapide din clasa 500 — 1500 CP

Ing. Radu **VIDRAȘCU**, ing. Ioan F. **MUTH** — I.N.M.T. București
Ing. Victor **BUNEA** — Întreprinderea de Mașini Electrice București
Ing. Marius **MASCAN** — I.T.C.-I. București

Generalități

Vehiculele grele echipate cu motoare diesel din clasa 500—1500 CP avînd diverse utilizări sînt prevăzute, în utimul timp, cu tot mai mulți consumatori electrici, pentru automatizarea unor procese complexe la bord aferente fiecărui tip de vehicul în parte. Mărirea necesarului de energie electrică disponibilă implică perfecționarea continuă a soluției tehnice adoptate pentru sursa de energie electrică aflată la bordul vehiculelor. Sursa trebuie să se încadreze în parametrii electrici de precizie stabilitate la variații de turație a motorului și la variații ale sarcinii), să fie fiabilă, să fie ușor de întreținut și de reparat.

Sistemul clasic de alimentare cu energie electrică este compus, în principiu, dintr-un alternator cu punte redresoare (la puteri mari cu subansamblu separat de alternator), în tampon cu o baterie de acumulatoare. Sistemul este guvernat de un releu regulator de tensiune care are rolul de menținere constantă a tensiunii continue de alimentare a rețelei vehiculului (fig. 1).

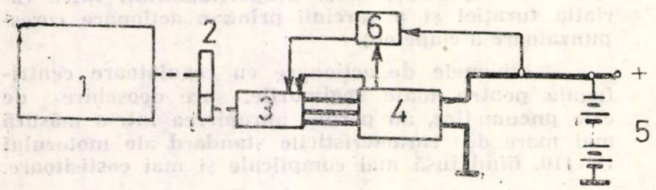


Fig. 1 Schema bloc a sistemului de alimentare cu energie electrică a vehiculelor grele echipate cu motoare diesel rapide.

1 — motor termic ; 2 — multiplicator turație mecanic ; 3 — generator electric (alternator) ; 4 — punte redresoare trifazată de putere ; 5 — baterie de acumulatoare ; 6 — regulator electronic de tensiune.

De menționat că în ultimii ani s-a renunțat la utilizarea generatorului de curent continuu (dinam), datorită unor inconveniente, în principal, de realizare tehnologică și fiabilitate.

Lucrarea de față prezintă soluții pentru surse de putere (de ordinul 5—10 kW), cu punte redresoare separată față de alternator.

În mod uzual alternatorul reprezintă un generator sincron trifazat cu înfășurarea de excitație în rotor și indusul în stator. Antrenarea generatorului se face prin intermediul unui tren multiplicator, de la o priză de putere a motorului termic. Necesitatea multiplicării turației generatorului rezultă, în principal, din următoarele două condiții impuse acestuia :

— de a furniza energie electrică începînd de la turațiile cele mai scăzute ale motorului termic (relanti) ;

— de a se încadra într-un gabarit redus, datorită spațiului limitat de amplasare pe motorul termic.

Puterea are rolul de redresare a tensiunii trifazate debitate de generator, pentru a pune la dispoziția consumatorilor electrici ai vehiculului tensiune continuă și de a încărca în tampon bateria de acumulatoare. Redresorul este compus din elemente semiconductoare (diode) cu siliciu montate pe radiatoare din aluminiu sau aliaje ale acestuia. Răcirea radiatoarelor punții se poate face fie cu lichid de răcire din circuitul de răcire al motorului, fie cu aer prin ventilare forțată. În ultimul timp se experimentează răcirea radiatoarelor cu ulei din circuitul de ungere al motorului termic.

Releul regulator de tensiune este un echipament electronic complex, care acționează asupra curentului de excitație al generatorului, pentru menținerea constantă a tensiunii din sistem, indiferent de turația motorului sau de sarcina electrică. Pentru aceasta regulatorul aer în permanență un semnal de la bornele rețelei de utilizare, care urmărește variațiile de tensiune și corectează nivelul tensiunii debitate în limitele prescrise.

Bateria de acumulatoare este un element uzual, ales la vehicule în funcție, în principal, de necesitățile demarorului electric de pornire a motorului diesel.

Generatorul electric

Dacă puntea redresoare și regulatorul de tensiune sînt echipamente statice și nu pun probleme deosebite din punct de vedere al soluțiilor mecanice, alternatorul este un echipament cu părți în mișcare de rotație la turații mari. Avînd în vedere că în rotor este dispusă înfășurarea electrică de excitație, care se alimentează cu tensiune din exterior, conexiunile

electrice ale înfășurării ridică probleme deosebite. Soluția clasică pentru acest tip de mașină este de utilizare a unor contacte alunecătoare (o pereche de inele din cupru solidare cu rotorul și o pereche omologată de perii montate fix pe scutul suport).

Această soluție a dat bune rezultate, în special, la mașini electrice de puteri mai mici (<3 kW) și la mașini de puteri mari, dar care nu sînt supuse condițiilor deosebit de dificile de șocuri și vibrații de pe vehicule.

Avînd în vedere că motoarele diesel din clasa 500—1500 CP echipează vehicule grele cu mari consumatori de energie electrică, s-a impus necesitatea proiectării și realizării unor alternatoare de puteri de ordinul 8—11 KVA. În acest caz, ținînd cont că tensiunea de alimentare a excitației este limitată la 28 V (max.), din calculul electromagnetic rezultă un curent de excitație de circa 15 A la puterea maximă debitată. La aceste valori ale curentului și ținînd cont și de condițiile dificile de șocuri și vibrații, realizarea unor contacte alunecătoare cu contact electric ferm, rezistență de contact minimă și fiabilitate mărită ridică probleme deosebite, atît din punct de vedere mecanic, cît și din punct de vedere electric.

Din considerentele enunțate mai sus, trebuie realizat un compromis optim între materialul piesei de contact și forța de apăsare, o condiție greu de realizat. În plus, apare un inconvenient major, care afectează buna funcționare a regulatorului de tensiune : vibrațiile contactelor alunecătoare duc la întreruperi ale circuitului electric al înfășurării de excitație, ceea ce are ca efect apariția de supratensiuni periculoase pentru componentele electronice ale regulatorului de tensiune.

Aceste neajunsuri s-au eliminat, parțial, prin reproiectarea unei variante îmbunătățite a sistemului de contacte alunecătoare astfel : pe fiecare inel colector au fost dispuse cîte două perii, ceea ce a redus pericolul unor întreruperi nedorite ale circuitului de excitație. De asemenea, s-a introdus în puntea redresoare o baterie trifazată de condensatoare de filtrare, în montaj triunghi între fazele de alimentare de la generator.

Prin aceste măsuri s-au redus vîrfurile de supratensiune apărute prin fenomenul de comutație, de la max. 800 V la max. 35 V, cu totul admisibile pentru buna funcționare a componentelor electronice din releul regulator. Însă soluția radicală, pentru eliminarea neajunsurlor menționate apărute în exploatarea surselor de energie electrică ce fac obiectul prezentei lucrări, s-a rezolvat prin realizarea unui alternator trifazat fără contacte alunecătoare.

Pentru acest tip de mașină există în principiu mai multe modalități de realizare a transferului de energie :

1 — prin excitație electromagnetică ;
2 — prin excitare cu magnet permanent ;
3 — prin sistemul cu reluctanță variabilă.

În situația particulară a alternatoarelor de mare putere variantele 2 și 3 se exclud, datorită, în principal, imposibilității reglării parametrilor excitației în vederea menținerii constante a tensiunii debitate (pentru varianta 2) și datorită gabaritului mic impus față de puterea de ieșire a mașinii electrice (cazul variantei 3).

A rezultat deci ca o soluție posibilă pentru cazul în speță, realizarea unui alternator fără contacte alunecătoare în varianta 1. Pentru aceasta, s-a adoptat ca soluție, pentru alimentarea cu tensiune de c.c. a excitației generatorului, amplasarea în infrastructura generatorului principal a unei excitatoare (minigenerator sincron trifazat cu punte redresoare inclusă). În acest fel, alternatorul devine o mașină electrică complexă avînd incluse într-o construcție monobloc două generatoare sincrone trifazate.

După cum se arată schematic în figura 2, ambele rotoare ale celor două generatoare sînt plasate pe același ax, statorul excitatoarei (excitația acesteia) fiind montat pe scutul suport

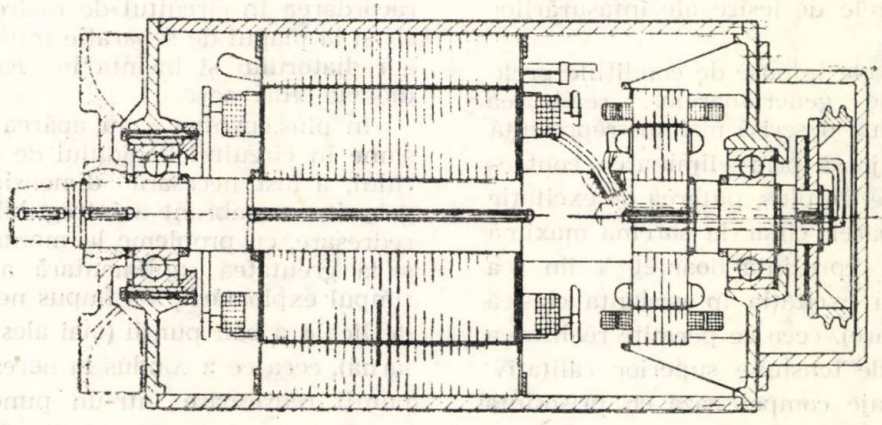


Fig. 2 Secțiune printr-un generator fără contacte alunecătoare.

al mașinii, deci practic în aceeași carcasă cu statorul generatorului principal. Cele două mașini sînt realizate în construcție inversă una față de cealaltă, generatorul principal avînd excitația pe rotor, iar excitatoarea pe stator.

Alimentarea cu tensiune de c.c. a excitației generatorului principal, de la inductorul trifazat al excitatoarei, se face prin intermediul unei punți redresoare trifazate rotative, plasată pe capătul de arbore în afara scutului suport.

Plasarea punții redresoare rotative practic în afara mașinii electrice permite accesul lejer al utilizatorului la aceasta în vederea unor eventuale operațiuni de mentenanță.

Realizarea conexiunilor electrice ale înfășurărilor la puntea redresoare rotativă (conf. schemei din fig. 3) este posibilă prin practicarea unui orificiu axial în arbore, prin care sînt aduse conductoarele de ieșire ale înfășurărilor rotorice la punte.

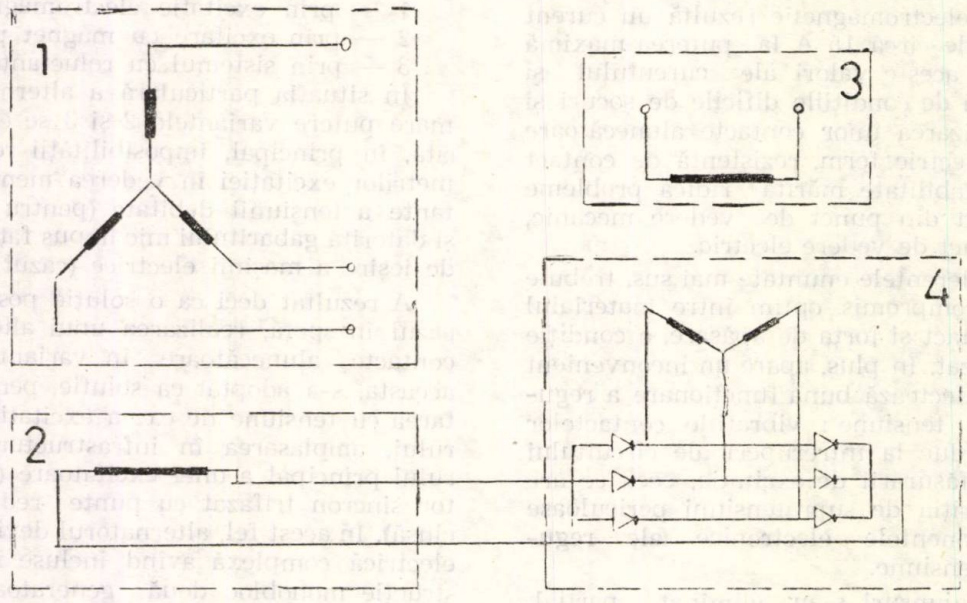


Fig. 3 Schema electrică de principiu a generatorului fără inele și perii.
1 — stator generator (indus) ; 2 — rotor generator (inductor) ; 3 — stator excitatoare (inductor) ; 4 — rotor excitatoare (indus).

Față de cerințele impuse de condițiile grele de exploatare ale generatoarelor, realizarea acestora în varianta descrisă mai sus reprezintă o soluție avantajoasă prin eliminarea contactelor alunecătoare. În plus, puterea de excitație necesară excitatoarei, chiar la sarcina maximă a alternatorului, reprezintă doar 20% din cea necesară pentru excitația în varianta clasică (cu inele colectoare), ceea ce permite realizarea unui regulator de tensiune superior calitativ.

Aceste avantaje compensează cu prisosință creșterea într-o mică măsură (aprox. 10%) a greutății și costului mașinii electrice.

Puntea redresoare

Puntea redresoare are, în general, o construcție clasică : o punte redresoare trifazată în mare putere (6 diode redresoare cu siliciu) de putere și o semipunte de mică putere (3 diode redresoare de mică putere), aceasta din urmă pentru alimentarea excitației alternatorului.

Problema esențială, care se reduce la realizarea unei punți redresoare de putere pentru astfel de utilizări, o reprezintă modul de cedare a căldurii disipate de elementele semiconductoare sau, altfel spus, de răcire a punții redresoare. Adoptarea modului de răcire cu lichidul de răcire din circuitul respectiv al motorului termic, în prima fază a cercetării, a ridicat — în timpul exploatării — unele probleme ca nerealizarea unei etanșări perfecte, atît la racordarea în circuitul de răcire al motorului, cît și la planul de separație între baia de răcire a radiatorului și incinta în care sînt dispuse diodele redresoare.

În plus, pentru a nu apărea căderi de presiune în circuitul lichidului de răcire al motorului, a fost necesară dimensionarea la un gabarit ancombrant a întregului ansamblu de redresare, cu probleme la montarea pe motor și la greutatea suplimentară a acestuia. În timpul exploatării, s-a impus necesitatea golirii de lichid a băii punții (mai ales în perioada de iarnă), ceea ce a condus la necesitatea montării punții redresoare într-un punct mai înalt al motorului, cu toate implicațiile modificării spațiilor aferente motorului diesel. Montarea

punții redresoare în circuitul de răcire al motorului are, de asemenea implicații deosebite în operativitatea schimbării acesteia în caz de defectare.

Avîndu-se în vedere aceste neajunsuri constante în exploatarea primei variante de punte redresoare, s-a trecut la realizarea unei punți răcite cu aer prin ventilare forțată. Răcirea cu aer prezintă avantajul simplității amenajărilor pe vehicul (o simplă conductă de aer de la ventilatorul ansamblului eneregtic, la camera punții redresoare). De asemenea, amplasarea pe motor și operativitatea montării și demontării au fost mult ușurate prin utilizarea acestei soluții.

Regulatorul de tensiune

Elementul de guvernare a sistemului este regulatorul de tensiune, care are rolul de a menține tensiunea constantă în rețea, la o valoare prestabilită (de obicei 27,5±1 V c.c.), indiferent de variațiile de turație ale generatorului sau de variațiile sarcinii rețelei.

În figura 4 este prezentată schema-bloc a releului regulator cu un punct de reglare, utilizat la reglarea tensiunii generatoarelor cu inele și perii.

La acest tip de regulator, cuplarea excitației generatorului se face prin circuitul de protecție la supratensiuni, ceea ce permite ca excitația să fie deconectată total în caz de supratensiune.

Regulatorul asigură reglarea tensiunii bateriei cu frecvență liberă și constantă mare de reglare, ceea ce implică variații mari ale tensiunii generatorului, conducînd la fenomenul de pîlpîire a tensiunii reglate.

Alimentarea excitației generatorului se poate face atît de la tensiunea bateriei, cît și de la tensiunea generatorului, prin intermediul unei punți redresoare suplimentare de mică putere.

În varianta alimentării excitației de la bateria de acumulatoare, există posibilitatea distrugerii înfășurării de excitație a generatorului, pe timpul cît motorul termic nu funcționează, ceea ce conduce implicit la descărcarea bateriei

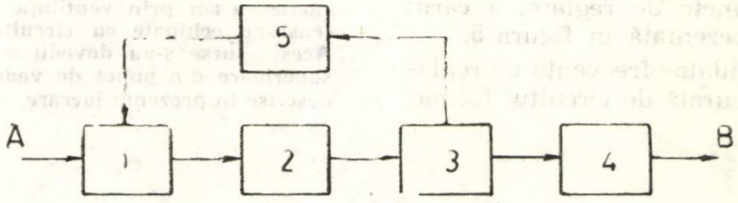


Fig. 4 Schema bloc a regulatorului cu un punct de reglare utilizat la reglarea tensiunii generatoarelor cu inele și perii.
1 — circuit de comparație ; 2 — preamplificator de putere ; 3 — amplificator de putere ; 4 — circuit de protecție la suprapresiune ; 5 — circuit de acordare regulator ; A — $+U_B$ — tensiune reglată ; B — excitație generator.

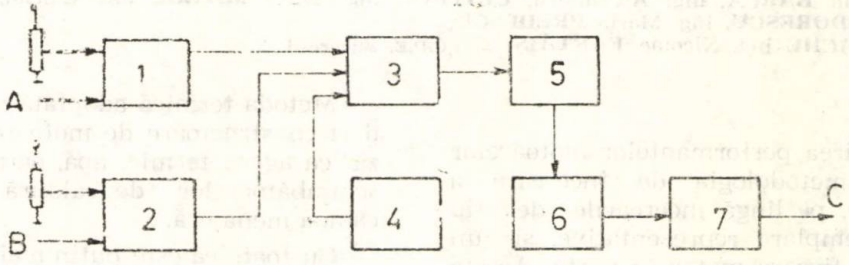


Fig. 5 Schema bloc a regulatorului cu două puncte de reglare utilizat la reglarea tensiunii generatoarelor cu excitatoare (fără contacte alunecătoare).
1 — regulator tensiune baterie de acumulatoare ; 2 — regulator tensiune generator ; 3 — convertor tensiune durată ; 4 — circuit formator „dinte de fierăstrău" ; 5 — preamplificator de putere ; 6 — amplificator de putere ; 7 — circuit de protecție la supratensiune ; A — $+U_B$ — tensiune reglată ; B — $+U_G$ — tensiune reglată ; C — excitație generator.

Regulatoarele de tensiune se construiesc în general în variantă electrică și funcționează pe principiul conectării și deconectării tensiunii de alimentare a înfășurării de excitație.

de acumulatoare. Acest pericol poate fi înlăturat dacă alimentarea releului regulator este condiționată, printr-un contact de releu, de momentul funcționării motorului termic.

Alimentarea excitației de la tensiunea generatorului implică existența unei rezistențe de amorsare inițială a generatorului prin intermediul tensiunii bateriei de acumulatoare. Rezistența de amorsare este de ordinul 10—20 ohmi, ceea ce implică o putere inițială disipată pe ea de ordinul zecilor de wați.

Întrucît regulatorul asigură reglarea tensiunii într-un singur punct, cu constantă mare de reglare, tensiunea generatorului prezintă fluctuații mari, ceea ce implică amorsarea generatorului la începutul fiecărui ciclu de reglare, conducînd în permanență la o putere disipată mare pe rezistența de amorsare.

În aceste condiții, este preferabilă soluția alimentării excitației generatorului, direct de la tensiunea bateriei de acumulatoare.

Odată cu stabilirea utilizării generatorului fără contacte alunecătoare, s-a impus necesitatea experimentării unui regulator electronic adecvat noilor condiții tehnice și, bineînțeles, mai perfecționat, utilizîndu-se experiența obținută în exploatare pînă la acest moment. În acest context, s-a trecut la asimilarea unui regulator cu două puncte de reglare, a cărui schemă bloc este reprezentată în figura 5.

La acest tip de regulator frecvența de reglare este fixă, fiind asigurată de circuitul formator dinte de fierăstrău. Pentru înlăturarea fenomenului de pîlpîire a tensiunii reglate, frecvența de reglare se alege între 50 și 100 Hz.

Reglarea tensiunii în două puncte prezintă avantajul că tensiunea generatorului nu mai prezintă variații mari, ceea ce nu mai conduce la dezamorsarea totală a generatorului. În acest caz, alimentarea excitației de la tensiunea generatorului implică amorsarea acestuia prin rezistența de amorsare numai în faza inițială, ceea ce conduce la o putere disipată mică pe această rezistență.

Această soluție de alimentare a excitației generatorului este de fapt preferabilă aceleia de alimentare direct de la baterie descrisă la regulatorul cu un singur punct de reglare.

Concluzii

Rezultatele obținute pe baza proiectării, execuției, cercetării experimentale, precum și în exploatare a unor surse de alimentare cu energie electrică pentru vehicule grele cu destinații diverse au condus la concluzia superiorității evidente a soluțiilor care utilizează generatoare sincrone trifazate, fără contacte alunecătoare (fără inele și perii), punți redresoare răcite cu aer prin ventilație forțată și regulatoare de tensiune echipate cu circuite integrate profesionale. Aceste surse s-au dovedit a fi robuste, fiabile și superioare din punct de vedere tehnic celor inițiale descrise în prezenta lucrare.

CZ : 621.313

Frînă electrică cu recuperare pentru încercarea motoarelor termice

Ing. Cristian Traian **BÂRCĂ**, ing. Alexandru, **CHITIAN**, ing. Petre **MITROI**, ing. Constantin **BARDAȘ**, ing. Petru **CRISTODORESCU**, ing. Maria **PREDESCU**, subing. Mihai **ENACHE** ing. Nicolae **FĂRTĂIȘ** — I.C.P.E. București

Introducere

Pentru stabilirea performanțelor motoarelor termice diesel, metodologia de încercare a acestora prevede, pe lîngă încercările de tip efectuate pe exemplare reprezentative, și un rodaj la cald pe fiecare motor în parte. Aceste încercări se realizează pe standuri speciale care pot modela regimurile de lucru specifice fiecărui motor termic.

Noua orientare energetică existentă în prezent impune ca standurile pentru rodarea motoarelor termice să fie prevăzute cu frîne care să permită recuperarea energiei dezvoltate la încercare. Sînt cunoscute două metode de recuperare a energiei, la încercarea motoarelor termice : metoda electrică aceea care ia în considerație numai recuperarea energiei mecanică și cea termică din lichidul de răcie și gazele de ardere.

Metoda termică adoptată de unele întreprinderi constructoare de motoare termice utilizează, ca agent termic, apa, care prin intermediul schimbătoarelor de căldură poate fi utilizată ca apă menajeră.

Cu toate că este puțin mai scumpă, dat fiind avantajele oferite de energia electrică, I.C.P.E. a abordat metoda electrică pentru recuperarea energiei produse la standurile de rodaj [1].

De precizat că standurile de încercat motoare termice existente în prezent, fiind echipate cu frîne hidraulice sau frîne cu curenți turbionari, nu permit recuperarea electrică a energiei de rodaj.

Soluții electrice cu recuperare

Metoda electrică de recuperare a energiei dezvoltate la standurile de rodaj motoare ter-

mice se poate aplica folosindu-se două soluții mai cunoscute : soluția cu grup motor-generator și soluția cu invertor, cu comutație de la rețea.

Prima soluție are în componență, pe lîngă generatorul principal cuplat cu motorul termic, un grup electric motor-generator suplimentar. Acest grup are rolul de a adapta prin reglare turația motorului termic la frecvența rețelei, în care se face recuperarea energiei pentru ca generatorul grupului să poată fi pus în paralel cu rețeaua.

Sistemul, în totalitatea lui conținînd trei mașini electrice, are o serie de dezavantaje pe linie de întreținere și de realizare a stabilității dinamice. Această soluție este în curs de experimentare la I.C.S.I.T. — Faur. Pentru a înlătura dezavantajele de mai sus, I.C.P.E. a adoptat soluția cu invertor cu comutație de la rețea [2].

Soluția, prezentată în figura 1, constă dintr-un generator sincron în construcție pendulară (sau generator de c.c.), cuplat cu motorul termic ; generatorul produce energie electrică. Energia activă debitată de generator este injectată în rețeaua uzinală, la parametri convenabil modificați prin intermediul redresorului, a invertorului cu comutație de la rețea și a transformatorului de adaptare. Schema asigură și cursul de excitație al generatorului. În circuitul de c.c., este prevăzut un întrerupător ultrarapid care realizează protecția la scurtcircuit, deconectînd circuitul de c.c., în cazul dispariției unei faze a tensiunii rețelei.

Curentul recuperat în rețea este prestabilit de la potențiometrul de reglaj și are valoarea [3] :

$$I = \frac{U_c - U_d \cos \alpha}{R}$$

unde :

U_c — valoarea medie a tensiunii continue;

U_d — valoarea maximă redresată a tensiunii rețelei;

α — unghiul de comandă al invertorului;

R — rezistența echivalentă a circuitului rotoric.

Realizări și perspective privind frînele electrice cu recuperare la I.C.P.E.

În abordarea frînelor electrice cu recuperare, s-a căutat realizarea unei serii unitare, în funcție de puterea motoarelor termice și anume :

a) frîne electrice pentru motoare termice de 135 CP și turații pînă la 2800 rot/min ;

b) frîne electrice pentru motoare termice de 360 CP și turații pînă la 2800 rot/min ;

c) frîne electrice pentru motoare termice de 1000 CP și turații pînă la 2800 rot/min ;

d) frîne electrice penru motoare termice de 1500 CP și turații pînă la 2800 rot/min.

Din prima categorie, I.C.P.E. a realizat o frînă electrică pentru U.R.A. Obor (C.I.R.A.), pentru rodat motoarele Saviem care se află în funcțiune din 1984.

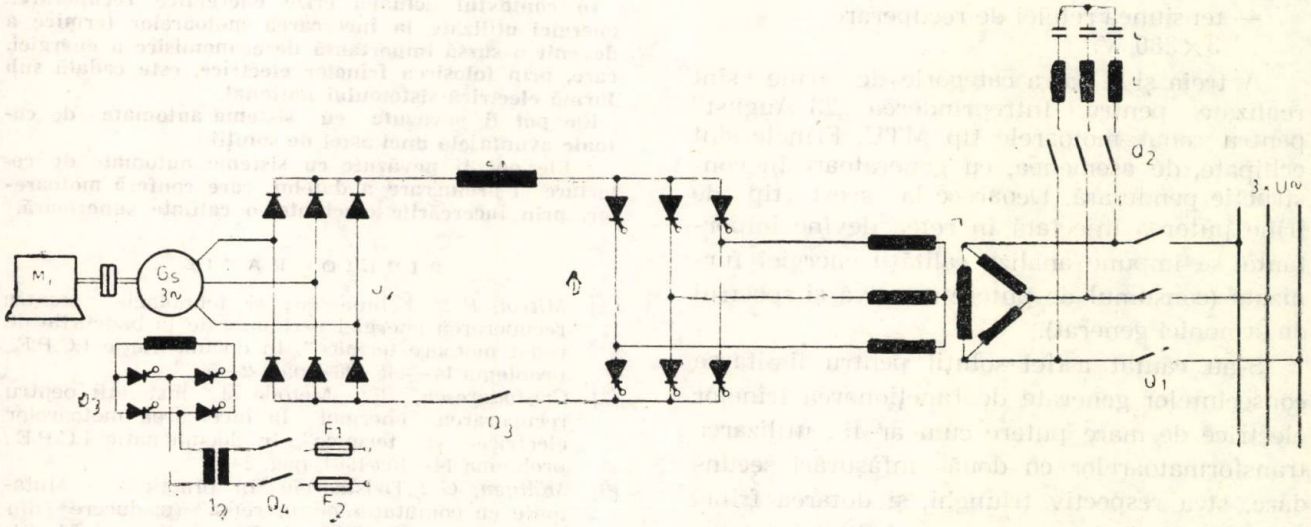


Fig. 1 Schema electrică a frînei cu recuperare pentru încercarea motoarelor termice.

T_1, T_2 — transformatoare ; Q_1, Q_2, Q_4 — întrerupătoare ; Q_3 – întrerupător ultrarapid ; $L - C$ — filtru de armonici ; U_1 — mutator în regim de invertor ; U_2 — redresor ; U_3 — redresor comandat ; L_1 — inductanță de filtrare ; G_s – generator sincron în construcție pendulară ; M_t — motorul termic de încercat ; F_1, F_2 — siguranțe.

Frîna folosește o mașină de c.c. de 100 kW, care în regim de motor asigură pornirea motorului termic, iar în regim de generator furnizează energie care se recuperează în rețea.

Măsurarea momentului se face prin intermediul măsurării curentului rotoric la curent de excitație constant. Principalele caracteristici ale frînei sînt :

— puterea la arbore : 135 CP ;
— turația de lucru : 500÷2800 rot/min ;
— cuplu la arbore la 2800 rot/min : 0÷35 daNm ;
— tensiunea rețelei de recuperare : 3×380 V ;
— regimuri de lucru : motor și generator.

Din a doua categorie, I.C.P.E. are în curs de realizare pentru C.I.R.A. o frînă pentru rodat motoarele tip 1240 VB DT, executate de Intreprinderea de Autocamioane Brașov. Frîna folosește ca generator o mașină sincronă în construcție pendulară, a cărei caracteristică este posibilitatea de rotire a statorului. Construcția pendulară este necesară pentru măsurarea momentului cu ajutorul celulelor de forță tensiometrice.

Pornirea motorului termic se realizează prin folosirea generatorului în regim asincron, la putere redusă. Energia recuperată se injectează, prin intermediul transformatorului de adaptare, în rețeaua de joasă tensiune. Principalele caracteristici ale frînei sînt :

— puterea la arbore : 300 kW ;
— turația de lucru : 500÷2800 rot/min ;
— cuplu la arbore la 2600 rot/min : 110 daNm ;
— tensiunea rețelei de recuperare : 3×380 V.

A treia și a patra categorie de frîne sînt realizate pentru Intreprinderea „23 August" pentru rodat motoarele tip MTU. Frînele sînt echipate, de asemenea, cu generatoare în construcție pendulară. Deoarece la acest tip de frîne puterea injectată în rețea devine importantă, se impune analiza calității energiei furnizate (consumul de putere reactivă și spectrul de armonici generat).

S-au căutat astfel soluții pentru limitarea consecințelor generate de funcționarea frînelor electrice de mare putere cum ar fi : utilizarea transformatoarelor cu două înfășurări secundare, stea respectiv triunghi, și dotarea frînei cu echipament de compensare și filtrare.

Principalele caracteristici ale frînei din categoria a patra sînt :

— puterea la arbore : 1500 CP ;
— cuplul maxim la 1500 rot/min : 7000 daNm ;
— turația de lucru 500÷2800 rot/min ;
— tensiunea rețelei de recuperare : 3×6 kV.

La frînele din ultimele trei categorii, preciziile de măsurare a celor două mărimi de bază, turația și momentul (puterea), sînt de ordinul 1%.

Datorită flexibilității soluțiilor preconizate la categoriile de frîne electrice cu recuperare menționate, acestea pot fi adaptate ușor la regimurile de încercare cerute de programele de rodaj și recepție. În acest fel, parametrii electrici controlați și reglați asigură modelarea fidelă a sarcinii dorite, în cadrul regimurilor de încercare prescrise, prin caracteristicile intrinseci ale echipamentului, sau prin utilizarea unui programator. Regimuri de încercare de o mare diversitate, din care se pot enumera încercarea la putere constantă, cuplu constant, turație constantă, sarcină variabilă, în regim continuu sau intermitent, constituie doar cîteva exemple din posibilitățile pe care le oferă frîna electrică cu recuperare pentru aplicații specifice motoarelor termice.

Pentru micșorarea timpului de încercare, frînele pot fi prevăzute cu sisteme automate de colectare și prelucrare a datelor pe bază de calculator.

Concluzii

În contextul actualei crize energetice, recuperarea energiei utilizate la încercarea motoarelor termice a devenit o sursă importantă de economisire a energiei, care, prin folosirea frînelor electrice, este cedată sub formă electrică sistemului național.

Ele pot fi prevăzute cu sisteme automate de cotoate avantajele unei asfel de soluții.

Ele pot fi prevăzute cu sisteme automate de colectare și prelucrare a datelor, care conferă motoarelor, prin încercările efectuate, o calitate superioară.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Mitroi, P.* : Echipament și tehnologie pentru recuperarea energiei reziduale de la bancurile de rodat motoare termice", In documentație I.C.P.E., problema 14—445/1984, pag. 2—5.

[2] *Cristodorescu, P.* : „Metode și instalații pentru recuperarea energiei la încercarea motoarelor electrice și termice", In documenație I.C.P.E., problema 14—109/1984, pag. 2—5.

[3] *Möltgen, G.* :„Tiristoarele în practică — Mutatoare cu comutație de la rețea" (traducere din limba germană), Ediția 1, București, pag. 54—64.

CZ : 629.113.5 : 621.431.73

Ușurarea pornirii motorului la temperaturi scăzute prin utilizarea unui dispozitiv complementar sistemelor electronice de aprindere

Ing. Alexandru **IACOB** — Întreprinderea de Reparații Auto Griviția București
Dr. ing. Samoil **SAVIUC** — Institutul de Cercetări și Proiectări Tehnologice pentru Transporturi București
Dr. ing. Virgil **RAICU** — Institutul Politehnic București

Influența unor factori asupra calităților de pornire la temperaturi scăzute ale motorului cu aprindere prin scînteie

În situația unei temperaturi scăzute sau a unei umidități relativ ridicate a mediului ambiant, pornirea motorului cu aprindere prin scînteie pune deseori probleme. Este evident că un rol important, în etapa pornirii motorului revine sistemului de aprindere.

Sistemul de aprindere clasic asigură pornirea motorului, în situația în care sînt îndeplinite condițiile de pornire, cum ar fi : baterie de acumulatoare suficient încărcată, sistem de aprindere în perfectă stare și corect reglat, carburație corect dozată [1]. La temperaturi joase, intervin mai mulți factori care acționează negativ asupra posibilității pornirii motorului [4], Astfel, apare fenomenul de scădere a capacității bateriei odată cu scăderea temperaturii

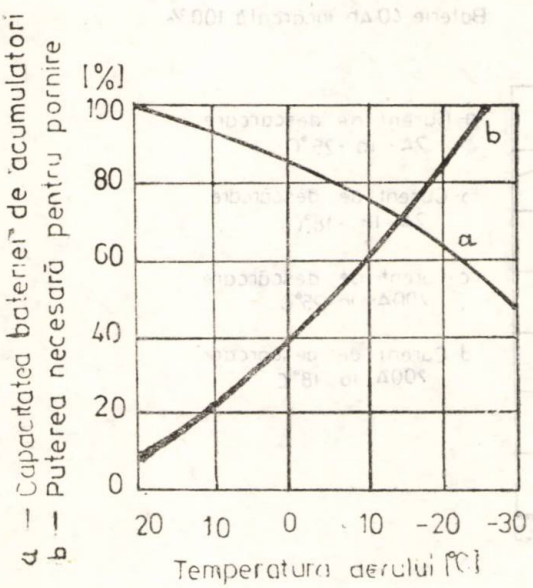


Fig. 1 Variația capacității bateriei de acumulatoare în funcție de temperatură.

(fig. 1) și creșterea vîscozității uleiului, deci creșterea cuplului rezistent la rotirea arborelui cotit.

Creșterea vîscozității uleiului de motor deci și a forțelor rezistente duce la creșterea puterii necesare de antrenare a electromotorului de pornire. Rezultă că energia furnizată de bateria de

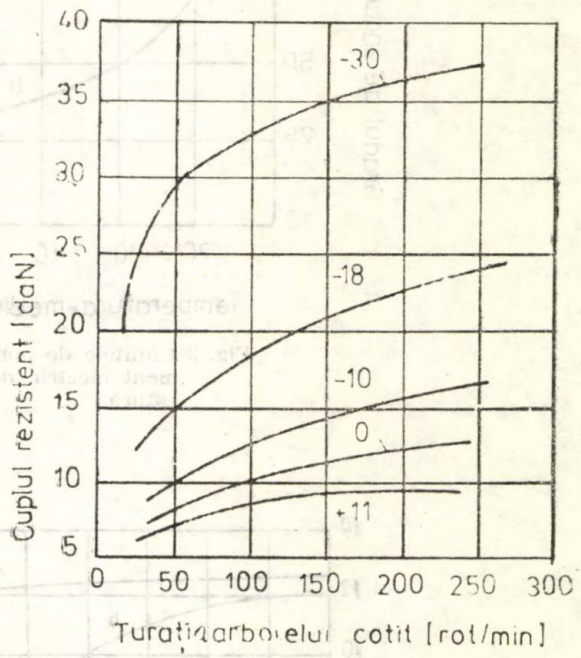


Fig. 2 Variația cuplului rezistent la rotirea arborelui cotit în funcție de temperatură.

acumulatoare trebuie să fie mai mare. În același timp, ca urmare a scăderii capacității bateriei de acumulatori energia disponibilă scade, deci și puterea de antrenare a electromotorului de pornire, cu bateria de acumulatoare disponibilă, scade. La un moment dat, după acționarea continuă a electromotorului, se ajunge în situația diminuării puterii electromotorului, deci și a turației, sub limita puterii necesare de acționare a electromotorului în condițiile date (fig. 3).

Acesta este momontul în care bateria de acumulatoare disponibilă nu mai furnizează suficientă energie pentru acționarea electromotorului. În același timp, odată cu scăderea capacității bateriei de acumulatoare, datorită scăde-

rii temperaturii, apare și fenomenul de scădere a tensiunii electrice la bornele bateriei de acumulatoare (fig. 4).

În concluzie cauzele care duc la îngreunarea pornirii motorului la temperaturi scăzute sînt:

— reducerea timpului de acționare a electromotorului de pornire, ca urmare a scăderii capacității bateriei de acumulatoare ;

— micșorarea turației de acționare a electromotorului, ca urmare a scăderii tensiunii electrice de la bornele bateriei de acumulatoare;

— scăderea tensiunii secundare de aprindere, în funcție de tensiunea de la bornele bateriei de acumulatoare, ca urmare a dependenței tensiunii secundare generate de sistemul de aprindere clasic în funcție de tensiunea de alimentare.

Principala cale de reducere a timpului de pornire [2] este creșterea tensiunii secundare

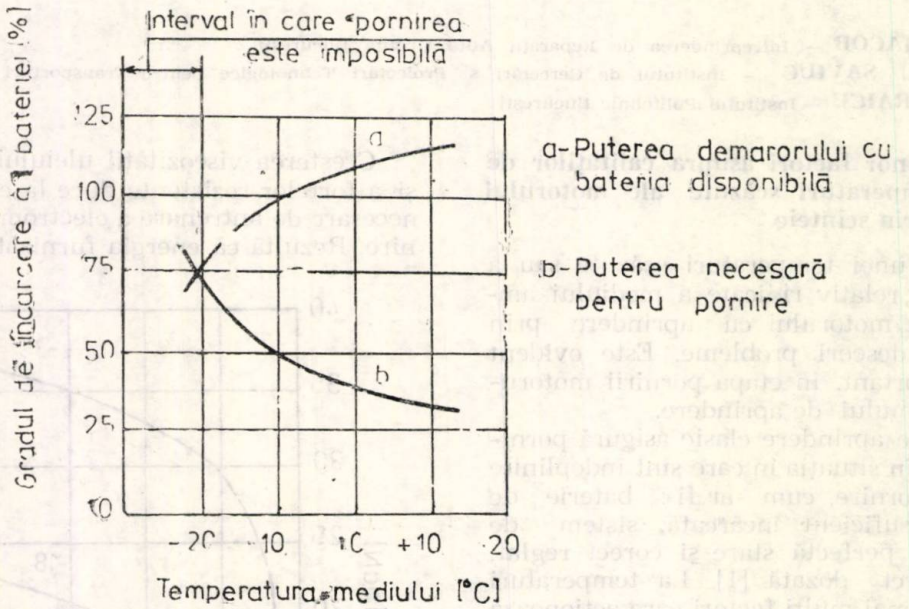


Fig. 3 Limitele de pornire ale unui motor cu echipament electric de pornire în funcție de temperatură.

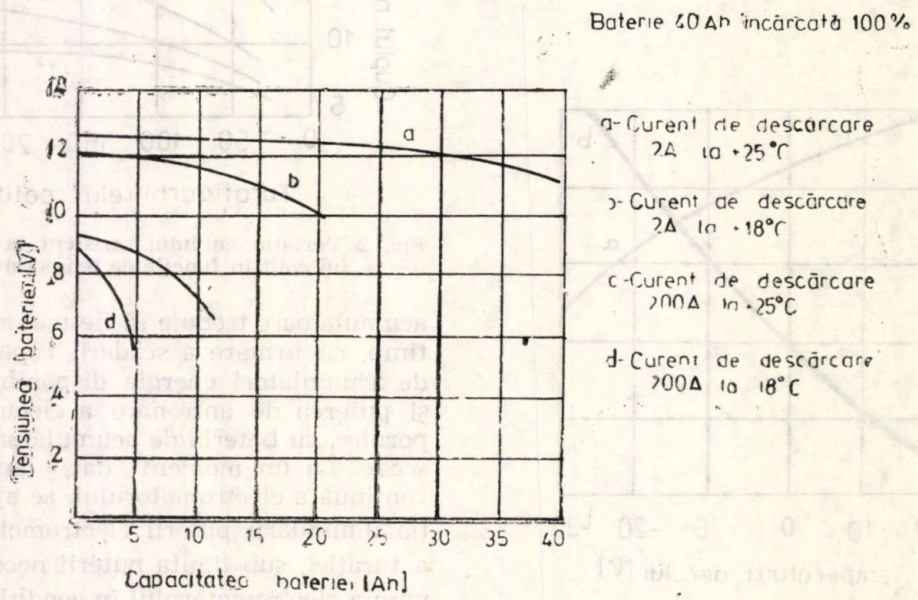


Fig. 4 Variația tensiunii de la bornele bateriei de acumulatoare în funcție de temperatură.

din bobina de inducție, prin diferite metode cum ar fi : aprindere clasică cu rezistență adițională, diverse sisteme electronice de aprindere. Mări-

rea tensiunii secundare peste valori de 40—45 KV este însă limitată [1] de mai mulți factori cum ar fi : limita de străpungere la înaltă tensiune a bujiilor, a conductorilor de înaltă tensiune, a bobinei de inducție, precum și caracteristicile limitate ale componentelor electronice în cazul sistemelor electronice de aprindere.

Prezentarea generală a soluției adoptate

Autorii au încercat să realizeze reducerea timpului de pornire pe două căi. În prima etapă au realizat și experimentat un sistem de aprindere fără cuptor mecanic, prezentat în [5], a cărui tensiune secundară să fie suficient de ridicată (30—35 KV), iar variația ei — în funcție de tensiunea de alimentare — să fie limitată (în intervalul 5,5—14 V). În a doua etapă au completat sistemul de aprindere sus menționat cu un circuit auxiliar de ușurare a pornirii motorului la temperaturi scăzute.

Noul circuit cu care a fost echipat sistemul de aprindere realizează, prin acționarea unui contact electric montat la bordul autovehiculului, producerea la electrozii bujiei la momentul stabilit de aprindere, a unui tren de scîntei cu frecvența de 300 Hz. Trenul de scîntei durează atîta timp cît pistonul urcă de la poziția corespunzătoare avansului la aprindere pentru turația de mers încet pînă la poziția corespunzătoare P.M.I. Regimul de funcționare a sistemului de aprindere cuplat pe teren de scîntei este menținut atît timp cît este acționat electromotorul de pornire. După pornirea motorului se eliberează contactul circuitului auxiliar, sistemul de aprindere continuînd să funcționeze în regim normal (o singură scînteie la aprindere).

Aprinderea amestecului combustibil se explică prin teoria termică și electrică [3]. Teoria termică afirmă că amestecul combustibil este încălzit prin comprimare pînă aproape de autoaprindere. Scînteia ridică local temperatura amestecului peste temperatura de autoaprindere declanșînd reacția chimică de ardere. Teoria electrică afirmă că, datorită căldurii produse de scînteia electrică, se activează particulele (ionii) și se rup moleculele. La rîndul lor moleculele activate constituie centre de reacție pentru ardere, chiar dacă nu s-a ajuns la temperatura de aprindere.

Circuitul auxiliar contribuie la ușurarea pornirii motorului astfel : datorită descărcărilor de înaltă tensiune care se succed cu frecvența de 300 Hz, temperatura amestecului combustibil din zona electrozilor bujiei crește mai mult decît în cazul aprinderii cu o singură scînteie. Conform teoriei termice rezultă că șansele de aprindere sînt mai mari, în cazul pornirii motorului cu sistemul de aprindere cu tren de scîntei (circuit auxiliar cuplat); în al doilea rînd, datorită succesiunii scînteilor cu frecvența de 300 Hz, in cadrul celor 10°RA (avans la aprindere — PMI), se formează în zona electrozilor bujiei o zonă de amestec puternic ionizată, ceea ce, conform teoriei electrice de aprindere,

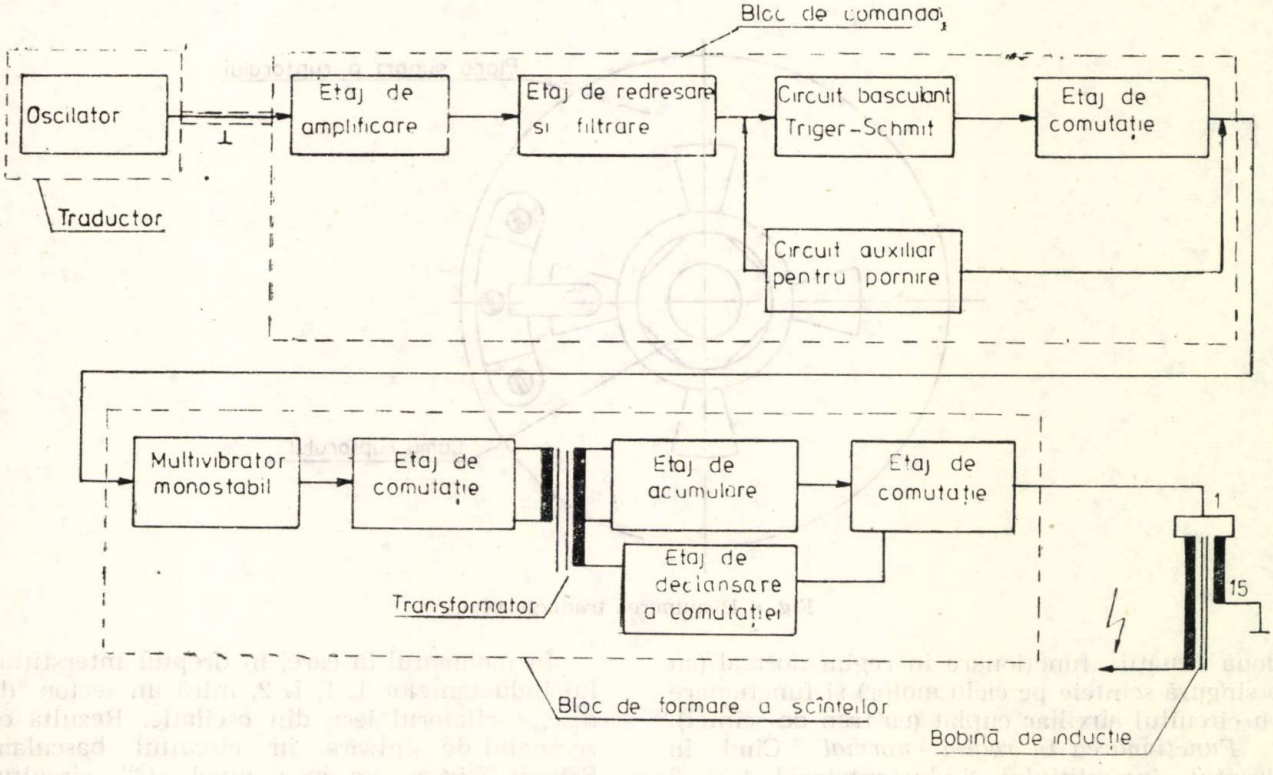


Fig. 5 Scheme bloc a sistemului de aprindere.

creează un mediu cu condiții superioare de aprindere a amestecului, față de cazul aprinderii cu o singură scînteie. De asemenea, datorită succesiunii, în cadrul unui ciclu de aprindere, a circa 5 scîntei — cazul circuitului auxiliar cuplat — probabilitatea ca amsetecul să se aprindă este de 5 ori mai mare, față de situația aprinderii amestecului cu o singură scînteie (în cazul aprinderii clasice). Un alt factor care contribuie la îmbunătățirea aprinderii este și energia mare a scînteii, de circa 0,07 J generată de blocul de formare a scînteilor.

Schema bloc a sistemului de aprindere

Schema-bloc a sistemului de aprindere realizat și experimentat este prezentată în figura 5. În cele ce urmează se prezintă modul de funcționare a sistemului de aprindere, în cele aferente traductorului (fig. 6), a cărui funcționare a fost prezentată în [5], discul este întrerupt oscilatorul traductorului oscilează. Semnalul generat iese din traductor, printr-un cablu ecranat și intră în blocul de comandă, fiind trecut în continuare printr-un etaj de amplificare. Urmează redresarea și filtrarea semnalului în etajele de redresare, respectiv filtrare, semnalul obținut avînd nivel „1" Semnalul comandă în continuare un circuit basculant tip Schmit-Triger, semnalul rezultat avînd nivel „1". Urmează trecerea printr-un etaj de comutație de medie putere, semnalul obținut în final avînd nivel „O". Această stare este similară cu situația în care contactele ruptorului sînt închise (în cazul funcționării cu sistem clasic de aprindere). Semnalul comandă blocul de formare a scînteilor a cărui funcționare a fost prezentată în [6].

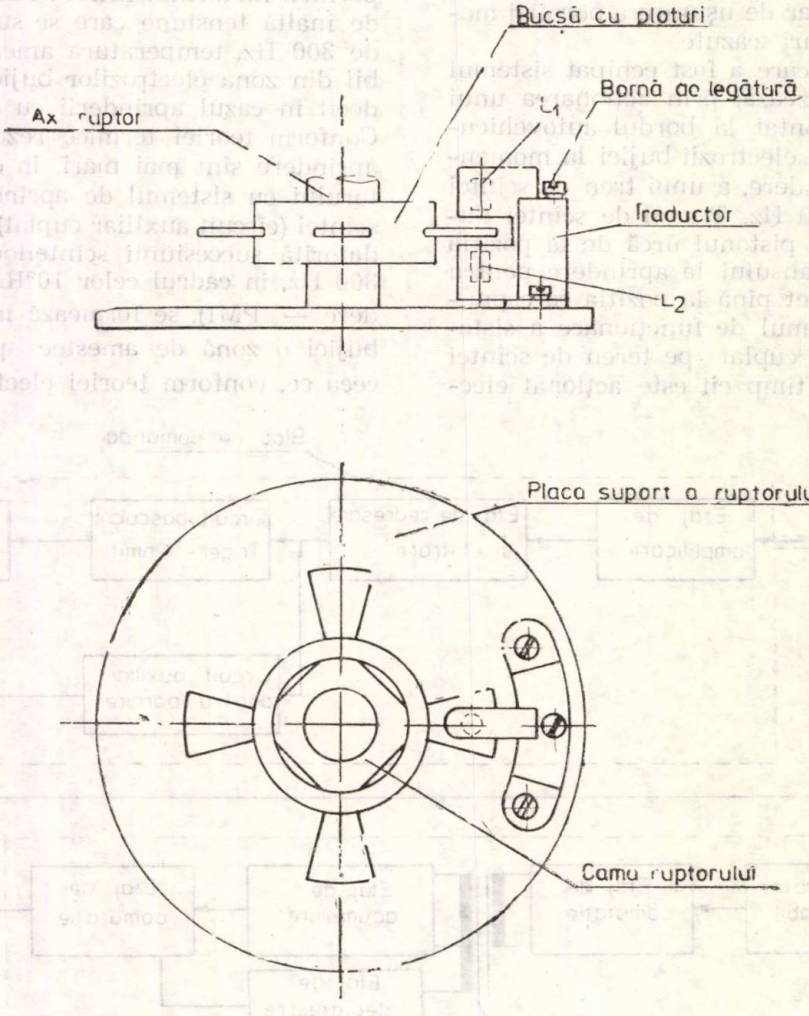


Fig. 6 Dispunerea traductorului.

două situații : funcționare în regim normal (cu o singură scînteie pe ciclu motor) și funcționare cu circuitul auxiliar cuplat (cu tren de scîntei).

Funcționarea în regim normal. Cînd în dreptul interstițiului inductanțelor L 1, L 2

În momentul în care, în dreptul interstițiului inductanțelor L 1, L 2, intră un sector de disc, oscilatorul iese din oscilație. Rezultă că semnalul de intrare în circuitul basculant Schmit-Triger va avea nivel „O", circuitul

Schmit-Triger basculînd în a doua stare, semnalul de ieșire trecînd la nivel „O". Semnalul obținut trece în etajul de comutație de medie putere, semnalul final avînd nivel „1" Această stare este similară cu situația în care contactele ruptorului se deschid (în cazul funcționării cu sistem clasic de aprindere). Semnalul cu nivel „1" comandă blocul de formare a scînteilor avînd ca rezultat producerea scînteii.

Funcționarea cu circuitul auxiliar cuplat. Modul de funcționare a blocului de comandă, în situația în care în dreptul interstițiului inductanțelor L 1, L 2 discul este întrerupt, este identic cu cel descris anterior.

În momentul în care, în dreptul interstițiului inductanțelor L 1, L 2, intră un sector de disc, oscilatorul se blochează. În această situație semnalul de la intrarea circuitului basculant Schmit-Triger trece de la nivelul „1" la „0". Momentul corespunde cu basculareа circuitului Schmit-Triger. În același timp circuitul auxiliar împreună cu circuitul basculant și etajul de comutație de medie putere se transformă într-un oscilator de semnale dreptunghiulare cu frecvența de 300 Hz. Acest semnal trece prin etajul de comutație de medie putere. Rezultă dreptunghiular comandă blocul de formare a scînteilor rezultînd în final, prin bobina de inducție, un tren de scîntei cu frecvența de 300 Hz.

În concluzie, cînd circuitul auxiliar, este cuplat blocul de comandă generează un semnal cu frecvența de 300 Hz, modulat în amplitudine funcție de poziția sectoarelor disc din dreptul interstițiului inductanțelor L 1, L 2. Semnalul comandă blocul de formare a scînteilor, la ieșirea acestuia scînteile avînd frecvența semnalului generat de blocul de comandă.

Schema de principiu a sistemului de aprindere

Schema sistemului de aprindere realizat și experimentat este prezentată în figura 7. Modul de funcționare al traductorului, al blocului de comandă și al blocului de formare a scînteilor, în regim normal de lucru, a fost prezentat în [5]. Circuitul auxiliar, echipat cu tranzistorul T 301, se cuplează la blocul de comandă, prin intermediul contactelor 1—2 și 3—4 ale releului Re, care la rîndul său se acționează prin închiderea contactului NY montat la bord.

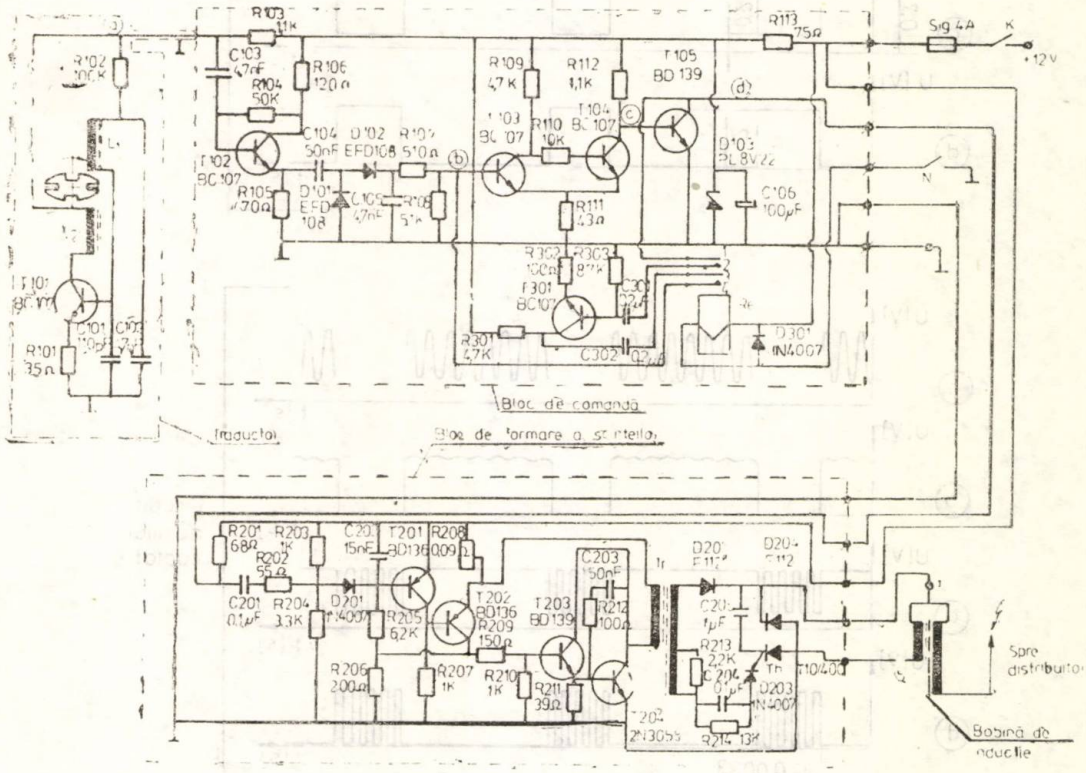


Fig. 7 Schema de principiu a sistemului de aprindere.

la ieșire un semnal dreptunghiular cu frecvența de 300 Hz. Întreruperea semnalului are loc în momentul în care sectorul de disc iese din interstițiul inductanțelor L 1, L 2. Semnalul

În continuare se prezintă modul de funcționare al sistemului cu circuitul auxiliar cuplat. După cum s-a văzut la paragraful anterior, modul de funcționare al sistemului de

aprindere cu circuitul auxiliar cuplat, în situația în care în interstițiul inductantelor L 1, L 2 discul este întrerupt, este identic cu modul de funcționare al sistemului de aprindere în regim de funcționare normală (circuit auxiliar decuplat). De aceea, se va trata doar situația în care circuitul auxiliar este cuplat, iar în interstițiul inductanțelor L 1 și L 2 se găsește un sector de disc. În această situație, circuitul auxiliar, circuitul basculant și etajul de comutație de medie putere se transformă într-un circuit generator de semnal dreptunghiular cu frecvența de circa 300 Hz.

Cuplajul inductiv al inductanțelor L 1, L 2 fiind întrerupt de sectorul de disc montat pe axul ruptor-distribuitorului, oscilatorul traductorului echipat cu tranzistorul T 101 este blocat. Rezultă că semnalul care trece prin cablul ecranat, prin amplificatorul echipat cu tranzistorul T 102, prin circuitul de redresare-filtrare și circuitul basculant Schmit-Triger, echipat cu tranzistoarele T 103, T 104, este nul. Astfel că tranzistorul T 103 se blochează, tranzistorul T 104 intră în conducție, iar tranzistorul T 105, care echipează etajul de comutație de medie putere, se blochează, semnalul de ieșire din blocul de comandă având nivel „1". Tranzistorul T 301 are baza polarizată negativ prin rezistența R 303, fiind inițial în stare blocată. Contactele 1—2 ale releului fiind închise, prin condensatorul C 301 și rezistența R 201, pe baza tranzistorului T 301 se aplică un impuls pozitiv cu o durată de timp egală cu :

$$T_1 = \left[R\,201 + \frac{R\,303(R_{be\,301} + R\,302)}{R\,303 + R_{be\,301} + R302} \right] C\,301,$$

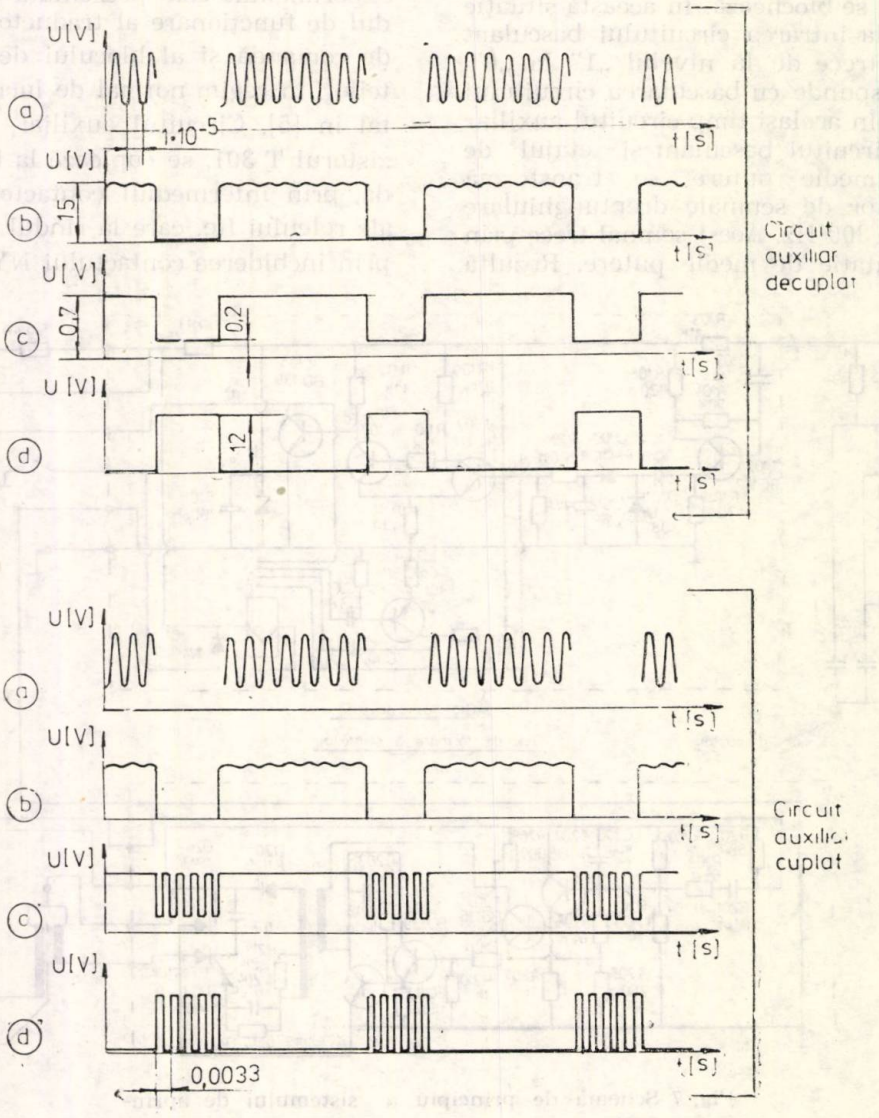


Fig. 8 Forma semnalelor în diferite puncte ale sistemului de aprindere.

în care $R_{be\,301}$ este rezistența joncțiunii bază-emitor a tranzistorului T 301. Tranzistorul T 301 intră în conducție datorită impulsului

pozitiv; prin intermediul condensatorului C 302 se aplică un impuls negativ pe baza lui T 103 (contactele 3—4 ale releului fiind închise) cu o durată de timp T_2 evaluată astfel :

$$T_2 = \left[R\,302 + R_{ce\,301} + \right.$$

$$\left. + \frac{R\,108(R_{be\,103} + R111)}{R\,108 + R_{be\,103} + R_{111}} \right] C\,302,$$

unde $R_{ce\,301}$ este rezistența joncțiunii colector emitor a tranzistorului T 301, iar $R_{be\,103}$ este rezistența joncțiunii bază-emitor a tranzistorului T 103. Constanta de timp T_1 este mai mare decît T_2. Rezultă că în perioada T_1 se produce o descărcare completă a condensatorului C 302, încărcat în ciclul anterior. După trecerea perioadei de timp T_1, tranzistorul T 301 trece din nou în stare blocată. Astfel, prin condensatorul C 302, se va aplica un impuls pozitiv pe baza tranzistorului T 103. La intrarea circuitului basculant Schmit-Triger, semnalul trecînd de la nivelul „0" la „1" circuitul va bascula în cealaltă stare (T 103 în conducție, T 104 blocat) o perioadă de timp T_3 calculată astfel :

$$T_3 = \left[R\,301 + \frac{R\,108(R_{be\,103} + R\,111)}{R\,108 + R_{be\,103} + R\,111} \right] C\,302$$

În această perioadă, tranzistorul T 105 fiind în stare de conducție iar semnalul de ieșire din blocul de comandă avînd nivel „0", are loc descărcarea condensatorului C 301. Durata de timp a descărcării lui C 301 este :

$$T_4 = \left[R_{ce\,105} + \frac{R\,303(R_{ce\,301} + R\,302)}{R\,303 + R_{be\,301} + R\,302} \right] C\,301,$$

unde $R_{ce\,105}$ este rezistența joncțiunii colector-emitor a tranzistorului T 105, iar $R_{be\,301}$ este rezistența joncțiunii bază-emitor a tranzistorului T 301.

Perioada T_1 trebuie să fie mai mică decît T_3, pentru a permite o descărcare completă a C 301. După trecerea perioadei T_3, semnalul din baza tranzistorului T 103 trecînd de la nivel „1" la „0", circuitul basculant Schmit-Triger basculează în starea inițială. La ieșirea din circuitul basculant, semnalul trecînd la nivel „0" are loc trecerea tranzistorului T 105 în stare blocată. Rezultă că la ieșirea din blocul de comandă, semnalul are nivel „1". Tranzistorul T 105 fiind blocat prin condensatorul C 301 (descărcat anterior), se aplică din nou pe baza tranzistorului T 301 un impuls pozitiv începînd un nou ciclu acela descris anterior. Oscilația sistemului duce la apariția pe colectorul tranzistorului T 105, deci la ieșirea din blocul de comandă, a unui semnal cu frecvența de 300 Hz, modulat în funcție de poziția sectoarelor de disc din dreptul interstițiului inductanțelor L 1, L 2. Amplitudinea semnalului este de OV pentru nivelul „0" și de 12 V pentru nivelul „1" Semnalul este aplicat pe intrarea blocului de formare a scînteilor. În figura 8 sînt prezentate formele semnalelor în diferite puncte ale schemei.

Concluzii

Sistemul de aprindere echipat cu circuitul auxiliar, pentru ușurarea pornirii motorului la temperaturi scăzute, a fost montat și încercat pe un autoturism FIAT 850. Contactul electric Ny, al releului Re de punere în funcțiune a circuitului auxiliar de pornire, este montat pe bordul autoturismului astfel încît să poată fi acționat concomitent cu manevrarea cheii de contact de pornire.

S-a urmărit modul de pornire a motorului pe timp rece (iarna), atît cu ajutorul circuitului auxiliar de ușurare a pornirii, cît și fără. Probele de pornire s-au făcut cu motorul rece, observațiile pentru cele două situații (cu circuit auxiliar și fără) făcîndu-se la temperaturi ale mediului ambiant aproximativ egale. S-a observat că timpul de pornire al motorului cu circuitul auxiliar cuplat este mult mai mic față de timpul de pornire al motorului cu sistem electronic de aprindere, dar fără circuitul auxiliar cuplat.

[1] *Glezer, G.M., Oparin, I.M.* : Automobîlnîe electronîe sistemî zajigania. Ed. Mașinostroenie, Moscova, 1977.

[2] *Gray, G.* : L'allumage électrique des automobiles du rupteur à l'électronique. Edition SEMIS, Paris, 1979.

[3] *Postelnicu, Gh., Bărzescu, A.* : Echipament electric pentru automobile, Editura Tehnică, București, 1972.

[4] *Rapin, M.P.* : Les aides extérieures au demarrage. In : „Ingénieurs de l'automobile" nr. 2, 1982, pag. 31—39.

[5] *Saviuc, S., Iacob, A.* : Sisteme electronice de aprindere pentru motoare de automobile. Partea a doua: Sistem electronic de aprindere cu comandă electronică (fără ruptor mecanic). In : Revista transporturilor și telecomunicațiilor, nr. 11, 1985, pag. 97—103.

[6] *Saviuc, S., Iacob, A.* : Sisteme electronice de aprindere pentru motoare de automobile. Partea întîi : Sistem electronic de aprindere cu contacte mecanice. In: „Revista transporturilor și telecomunicațiilor, nr. 8, pag. 68—74.

CZ : 662.61.8

Combustibilii grei din petrol pentru motoarele diesel. Testarea arderii pe stand specializat

Dr. ing. Victor **GHIA**, dr. ing. Nistor **DINU**, dr. ing. Lucian **TEODORESCU** - I.N.M.T. — București

Generalități

În prezent cea mai mare parte a combustibililor grei se obține prin distilarea țițeiului și prelucrarea ulterioară a reziduurilor rămase [1, 2].

Utilizarea distilării atmosferice conduce la combustibili reziduali de calitate rezonabilă.

Ca urmare a creșterii prețului țițeiului, au fost punse la punct noi procedee de rafinare cum ar fi cracarea, termică, sau cracarea catalitică. Acestea conduc la diminuarea cantității combustibilului rezidual plecînd de la aceeași cantitate de țiței, dar calitatea acestuia este inferioară calității combustibilului produs la distilarea atmosferică.

Se poate rezuma tratamentul aplicat țițeiului clasic, după cum urmează :

a) în anii trecuți, țițeiul era prelucrat prin distilarea atmosferică și dădea un rezidiu cu vîscozitatea de circa 400 cSt la 50°C ;

b) acest rezidiu după încălzire, era supus distilării sub vid, care producea în final un nou combustibil rezidual cu vîscozitatea crescută, avînd un conținut mai ridicat de impurități și asfaltene ;

c) de asemenea și acest rezidiu poate fi tratat prin cracare termică, ceea ce va da un combustibil rezidual cu o vîscozitate mai mare de ordinul de 600 cSt, conținînd și mai multe impurități ;

d) distilatul sub vid va putea fi tratat prin procedeul de cracare catalitică și rezultă un produs solid și un ulei.

Trebuie menționat că prin distilarea țițeiului greu se obțin cantități de combustibili grei mult mai mari decît prin distilarea țițeiului clasic, pentru care rezervele mondiale sînt mult mai mici comparativ cu țițeiul greu.

În general combustibilii grei provin din amestecarea, în diferite proporții, a unora din produsele reziduale menționate, cu produse distilate pentru scăderea vîscozității. Ca urmare, noțiunea de combustibil greu este generală referindu-se la o gamă largă de combustibili avînd caracteristici de ardere inferioare combustibilului diesel marin (MDO), și, după unele opinii, avînd vîscozitatea minimum 400 s.Red.1. A apărut tendința de a se denumi combustibili grei numai aceia care au vîscozitatea mai mare ca 1500 s. Red. 1, sau mai mult. După ultimele recomandări C.I.M.A.C., combustibilii care au vîscozitatea pînă la 55 cst/100°C sînt denumiți combustibili intermediari [3].

Pe plan mondial, există tendința de reducere a distilatelor din acestec, calitatea combustibililor grei deteriorîndu-se datorită creșterii conținutului de cocs Conradson, asfaltene, cenușă, apă, sulf, particule în suspensie, precum și a vîscozității.

De asemenea se constată calități variabile de combustibili grei funcție de proveniență și procedeele tehnologice de obținere.

Standardizarea internațională a diferitelor calități de combustibili grei reprezintă o activitate de mare utilitate.

Proprietăți fizico-chimice la combustibilii grei

Pentru stabilirea procedeelor de utilizare rațională a combustibililor, grei este necesară, în primul rînd, cunoașterea rezultatelor analizelor fizico-chimice [4]. În acest caz, se pot stabili :

— modul de manipulare și depozitare ;

— temperaturile optime de preîncălzire pentru purificare, clarificare, filtrare și pulverizare în motor ;

— efectele globale asupra proceselor de ardere și construcției motoarelor diesel [5].

Principalele proprietăți fizice care se determină sînt : vîscozitatea, densitatea, conținuturile de apă, și particule metalice, sedimentul, punctul de inflamabilitate, punctul de congelare, compatibilitatea.

Principalele caracteristici chimice care se determină la un combustibil greu sînt : conținuturile de cocs Conradson, asfaltene, sulf, vanadiu, puterea calorică, analiza elementară (C, H, O, N) și analiza structurală).

Mult timp vîscozitatea a fost considerată ca o caracteristică capabilă să precizeze calitatea unui combustibil greu.

De aceea, combustibilii grei au fost clasificați, mai întîi în conformitate cu vîscozitatea acestora. Totuși, vîscozitatea este o caracteris-

tică globală a calității combustibilului și nu poate constitui singură, un criteriu de standardizare.

S-a constatat că vîscozitatea combustibililor depinde de tipul componentelor hidrocarbonate pe care le conțin, de procedeele de prelucrare aplicate și tipul țițeiului. Din această cauză, se obține o variație largă a vîscozității și a relației vîscozitate-temperatură, pentru combustibili grei avînd caracteristici de ardere apropiate.

Densitatea combustibilului greu depinde, în special, de procedeele folosite la prelucrarea țițeiului, precum și de compoziția țițeiului din care se obține. Densitatea apropiată de 1 dă dificultăți la separarea apei. Cu cît densitatea este mai apropiată, dar mai mică decît 1, cu atît se cere un reglaj mai precis și mai constant al centrifugării folosite la separarea apei și impurităților.

Creșterea raportului C/H în combustibil mărește densitatea și micșorează puterea calorică. Raportul C/H este mai ridicat la reziduurile provenite de la prelucrarea țițeiului decît la amestecul reziduuri-produse distilate.

Cînd combustibilul greu este obținut din amestecarea unor reziduuri de origini diferite, sau din procese de rafinare diferite, poate apărea stratificarea diferitelor calități de reziduuri. La stocarea combustibilului, impuritățile mecanice și asfaltenele au tendința de a se decanta, dimensiunile particulelor depuse variind între 1—100 microni.

Incompatibilitatea conduce la tendința unui combustibil greu de a precipita atunci cînd este amestecat cu distilate. Astfel, în operația de amestecare cu un distilat, asfalturile rămîn neschimbate, în timp ce rășinile sînt transformate în hidrocarburi mai ușoare. Dacă rășinile devin insuficiente, pentru a menține asfalturile în suspensie apare floculareа acestora.

Pentru a preveni dezavantajele incompatibilității, rafinăriile au recurs la următoarele :

— evitarea reziduurilor parafinice și limitarea conținutului de asfalt în compoziția combustibililor ;

— evitarea contaminării combustibililor cu impurități solide ;

— folosirea de rezervoare cu zona inferioară pentru decantare suficient de mare ;

— curățirea atentă a rezervorului înainte de încărcarea cu un nou combustibil greu ;

— evitarea amestecării de produse petroliere incompatibile.

S-au efectuat încercări asupra stabilității și compatibilității combustibililor grei. Există norme de verificare a compatibilității, dar problema mai necesită încă cercetări.

Ca urmare, obținerea diferitelor calități de combustibili grei trebuie să se facă numai în cadrul rafinăriilor, unde se cunoaște mai bine proveniența reziduurilor și distilatelor care se amestecă.

Conținutul de sulf din combustibilii grei este variabil depinzînd de conținutul de sulf al țițeiului din care provin, ce poate varia între 0,5—8%.

Sulful se concentrează în reziduu, constituind un component nedorit, deoarece :

— în anumite condiții funcționale, produsele rezultate din arderea combustibilului determină apariția coroziunii sulfurice a unor părți metalice din motor :

— amplifică formarea depunerilor ;

— are o putere calorică mult mai mică decît hidrocarburile, ceea ce micșorează puterea calorică a combustibilului.

— produce, în funcție de concentrația de combustibil, creșterea gradului de poluare a mediului ambiant.

Cenușa de 0,2—0,5% în greutate este formată în principal din sărurile și oxizii următoarelor elemente : Ca, Si, Al, Mg, Fe, Ni, Na, Va.

Sodiul, sub formă de clorură sau alte săruri minerale, este prezent în apa emulsionată sau în stare de suspensie micro-cristalină. Vanadiul și nichelul sînt prezente sub formă de compuși organo-metalici solubili în combustibili. Deși într-o proporție relativ mică, dacă nu se iau măsuri adecvate, vanadiul și sodiul pot conduce la apariția unor coroziuni importante la supape și sediul supapelor datorită depozitelor în stare topită.

Siliciul și aluminiul pot apărea în proporție relativ importantă în combustibilii grei care au fost obținuți cu reziduuri de la cracarea catalitică.

În general, combustibilii grei sînt livrați pe piețele de desfacere cu indicarea vîscozității, densității, punctului de congelare și punctului de inflamabilitate.

Avînd în vedere specificațiile recomandate de CIMAC pentru combustibilii intermediari marini, se poate face o încadrare grosieră în cele 12 clase de calitate CIMAC a combustibililor grei românești după cum urmează.

Combustibilul greu naval maritim, conform NID 6737-76, are caracteristici cuprinse între clasele CIMAC — 6 și CIMAC—4. Conform STAS 51—83 primele 6 calități de combustibili grei, notate cu 40/45, 50/30, 70/25, 40/425, 50/30 S și 70/42 S, au vîscozitățile inferioare combustibililor din clasele CIMAC — 8 ... 12. Valorile inferioare pentru conținutul de cocs Couradson $C_N = 14\% < 22\%$, conținutul de sulf $S = 3{,}3\% < 5\%$ și conținutul de vanadiu $V_a = 100$ ppm < 600 ppm constituie avantaje față de clasele CIMAC menționate.

Constituie însă dezavantajele punctul de inflamabilitate $t_{in} = 90°C > 60°C$, punctul de congelare $t_c = 42°—50°C > 30°C$ și conținutul de cenușă $C_{en} = 0{,}5\% > 0{,}2\%$.

Păcura românească de calitatea cea mai scăzută 300/50 S este inferioară ultimei clase de combustibil CIMAC — 12, deoarece are vîscozitatea mai ridicată, $C_N = 25\% > 22\%$ și $C_{en} = 0{,}5\% > 0{,}2\%$.

Combustibilii intermediari conform STAS 54—80, au caracteristici care îi încadrează aproximativ între clasele CIMAC—1 și CIMAC—4.

Testarea arderii pe un stand specializat

Varietatea mare a combustibililor grei și necesitatea testării rapide la ardere au determinat realizarea în I.N.M.T. a unui stand specializat de complexitate mărită, care permite determinarea experimentală și calcularea principalelor caracteristici de ardere. Astfel combustibilii grei vor putea fi livrați la calitatea dorită, care eventual poate fi îmbunătățită, față de un combustibil greu de referință care este luat drept etalon.

Îmbunătățirea se poate realiza prin amestecarea combustibilului greu cu produse distilate, prepararea fizico-mecanică separînd apa și impuritățile din acesta, sau prepararea chimică adăugînd aditivi.

Lucrînd pe acest stand se determină pentru picăturile de combustibili grei arse în condiții standard, următorii parametrii :

— timpul total de ardere τ_a ;

— timpul de ardere a materiilor volatile τ_v;

— întîrzierea la autoaprindere τ_i.

Cu unele completări, standul menționat este folosit la cercetarea proceselor de ardere a combustibililor lichizi pentru motoarele diesel.

S-au considerat drept condiții standard următoarele :

— presiunea din camera de ardere egală cu presiunea atmosferică de 760 ± 10 mm coloană Hg ;

— temperatura din camera de ardere $700° \pm 2°C$;

— temperatura mediului ambiant $20 \pm 2\%$ °C ;

— curgerea aerului în jurul picăturii caracterizată prin criteriul de similitudine Reynolds $R_e \cong 100$;

— diametrul mediu al picăturii arse $D_{01} = 1{,}3$ mm.

Standul specializat se compune din următoarele componente principale [6] :

— cameră de ardere, ceramică de secțiune circulară avînd diametrul 30 mm, care este alimentată cu aer prin tiraj natural ;

— carcasă metalică răcită cu apă, conținînd camera de ardere ;

— elemente de încălzire electrică sub forma unor bare de silită ;

— sistem de măsurare, reglare și afișare a temperaturii din zona de ardere a picăturii de combustibil greu ;

— dispozitiv de propulsie a picăturii, prevăzut cu circuite electronice pentru semnalizat timpul zero, care marchează intrarea picăturii în camera de ardere, adică momentul de la care se măsoară timpul τ ;

— două traductoare, primul sub forma unei celule fotoelectrice care convertește semnalele luminoase rezultate prin arderea picăturii de combustibil în semnale electrice și cel de al doilea care generează impulsurile electrice de inițiere a procesului de măsură [7] ;

— bloc de amplificare și prelucrare a semnalelor electrice, care furnizează o tensiune electrică a cărei variație în timp este proporțională cu variația intensității luminoase a picăturii care arde și impulsuri ale căror durate sînt egale cu timpii τ_i, τ_v, τ_a ce sînt afișați digital de blocul de selecție ;

— calculator electronic pentru calculul corecțiilor ;

— osilograf cu memorie și înregistrator XY pentru vizualizarea sub forma unei diagrame a variației în timp a intensității luminoase ;

— sistem optic de transport și amplificare a imaginii picăturii arzînd, care permite urmărirea vizuală a desfășurării proceselor de ardere din camera de ardere ;

— aparat de filmat rapid cu pînă la 11.000 cadre/secundă pentru verificarea rezultatelor osilografierii ;

— traductor optic cu sistem microscopic de amplificare a imaginii picăturii ;

— dispozitiv de iluminare a spațiului de ardere avînd lampă cu halogeni, sistem optic condensor și redresor de tensiune ;

— microscop pentru măsurarea directă a diametrului mediu inițial al picăturii ;

— preîncălzitor ceramic de aer ;

— dispozitiv pentru reglat tirajul camerei de ardere, prevăzut cu priză de presiune legată la micromanometru diferențial ;

— filament de cuarț avînd suspendată picătura la extremitatea subțire a acestuia, care era profilată corespunzător cu vîscozitatea combustibilului experimentat.

Picătura de combustibil greu cu diametrul mediu circa 1,3 mm fiind suspendată la extremitatea subțire a unui filament de cuarț este introdusă în centrul de simetrie al camerei de ardere cu ajutorul dispozitivului de propulsie. Aprinderea picăturii se produce datorită căldurii primite prin radiație de la pereții incandescenți ai camerei de ardere.

După trecerea timpului τ_i de întîrziere la autoaprindere picătura se aprinde, arzînd mai întîi materiile volatile în timpul τ_v și apoi arde cenosfera în timpul τ_c [8].

Timpul de existență al picăturii este :

$$\tau_e = \tau_i + \tau_v + \tau_c \qquad (1)$$

Timpul de ardere al picăturii este dat de relația :

$$\tau_a = \tau_v + \tau_c \qquad (2)$$

Acești timpi rezultă aproximativ din curba de variație în timp a intensității luminoase a picăturilor arzînd. Pentru picături cu diametrul mediu puțin diferit luate din trei combustibili, oscilogramele arderii în condiții practic identice arată ca în figura 1, unde pe abscisă se măsoară timpul τ iar pe ordonată se măsoară intensitatea luminoasă I_l a picăturii arzînd, convertită în semnal electric.

Oscilograma b) este caracteristică arderii unei picături de combustibil greu de calitate bună, remarcîndu-se că după arderea materiilor volatile, intensitatea arderii scade urmînd arderea cenosferei care prelungește durata procesului.

Astfel se evidențiază că este valabilă relația (2), iar întîrzierea la autoaprindere se mărește față de cazul motorinei.

În cazul oscilogramei c) caracteristică picăturii de combustibil greu inferior, se poate constata creșterea în continuare a întîrzierii la autoaprindere τ_i, scăderea timpului, τ_v și creșterea sensibilă a timpului τ_c.

De asemenea, apare un interval de timp relativ scurt pe care îl vom denumi întîrzierea la autoaprindere a cenosferei, cînd $I_l = 0$. Ca urmare numai examinarea alurei oscilogramei combustibilului permite să apreciem, într-o primă apoximație, calitatea combustibilului

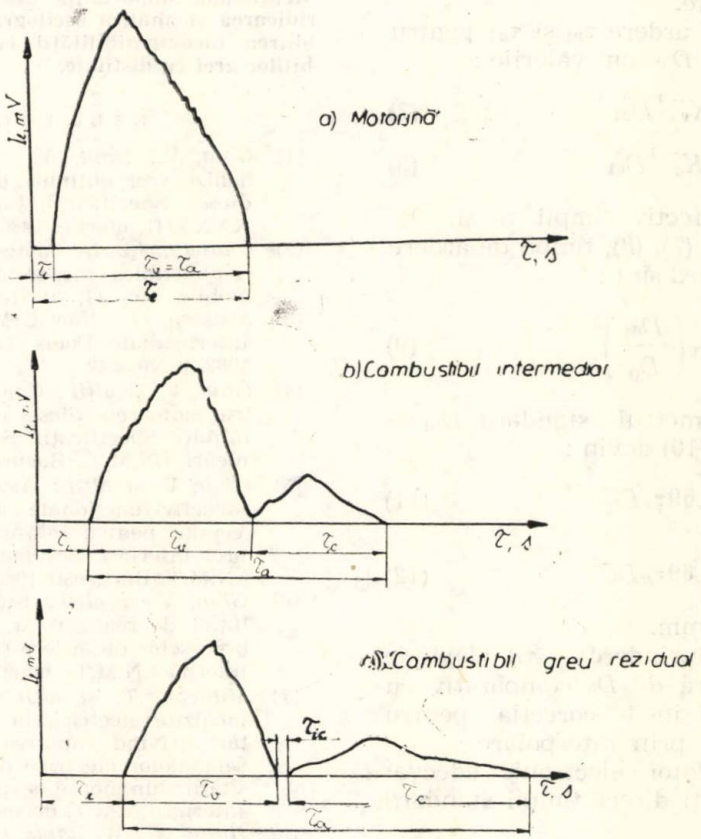


Fig. 1 Oscilogramele arderii pentru trei combustibili lichizi.

Oscilograma a) este caracteristică arderii unei picături de motorină, pentru care timpul de existență provine numai din suma între timpii τ_i și τ_v unde $\tau_v = \tau_a$.

Pînă la atingerea valorii maxime I_l, creșterea în timp a acestei valori este rapidă ceea ce indică o viteză de ardere ridicată.

care urmează a fi ars. În general pentru picăturile experimentate, există diferențe față de diametrul mediu inițial standard D_{01}, dar prin încercări, aceste diferențe pot fi realizate cu valori foarte mici.

Pentru creșterea preciziei de determinare a timpilor τ_v și τ_a, ținînd seama că poate exista o diferență între diametrul mediu inițial efectiv

al picăturii D_0 și diametrul mediu standard D_{01}, va trebui să se aplice o corecție.

Corecția se va face pe baza cercetărilor teoretice și experimentale [9, 10, 11] care au arătat că :

$$\tau_v = K_v^{-1} D_0^2 \tag{3}$$

$$\tau_c = K_c^{-1} D_0^2 \tag{4}$$

Ținînd seama de (3) și (4), relația (2) devine:

$$\tau_a = K_a^{-1} D_0^2 \tag{5}$$

unde

$$K_a = \frac{K_v K_c}{K_v + K_c} \tag{6}$$

K_v reprezintă constanta de ardere a materiilor volatile ;

K_c — constanta de ardere a cenosferei.

Mărimile K_v, K_c și K_a, se poate considera, că au valori practic inpedendente de diametrul inițial D_0, pentru un combustibil ars în condițiile standard menționate.

Ca urmare timpii de ardere τ_{v1} și τ_{a1} pentru picătura cu diametrul D_{01} au valorile :

$$\tau_{v1} = K_v^{-1} D_{01}^2 \tag{7}$$

$$\tau_{a1} = K_a^{-1} D_{01}^2 \tag{8}$$

Dacă se măsoară efectiv timpii τ_v și τ_a, ținînd seama de (3), (5), (7), (8), timpii de ardere pentru condițiile standard sînt :

$$\tau_{v1} = \tau_v \left(\frac{D_{01}}{D_0} \right)^2 \tag{9}$$

Dacă se alege diametrul standard $D_{01} = 1{,}3$ mm, relațiile (9) și (10) devin :

$$\tau_{v1} = 1{,}69 \tau_v D_0^{-2} \tag{11}$$

și

$$\tau_{a1} = 1{,}69 \tau_a D_0^{-2} \tag{12}$$

unde D_0 se măsoară în mm.

Întîrzierea la autoaprindere τ_i depinde într-o mai mică măsură de D_0 comparativ cu timpii τ_v și τ_a, astfel încît corecția pentru referire la D_{01} se face prin interpolare.

Folosind un calculator electronic adecvat pot fi calculați și afișați direct timpii standard τ_{a1}, τ_{v1} și τ_{i1}.

Pentru a ține seama de eventuala neomogenitate a structurii combustibilului greu, se iau 5—6 picături cu diametrul mediu apropiat de D_{01} pentru care se determină timpii standard. Mediile aritmetice ale timpilor τ_{ma1}, τ_{mv1} și τ_{mi1} servesc drept criterii imediate de comparare ale combustibililor grei, experimentat cu un combustibil de referință.

Concluzii

Diversitatea mare a combustibililor grei impune necesitatea unei standardizări internaționale a acestora care ar fi deopotrivă utilă producătorilor, utilizatorilor și constructorilor de motoare diesel adecvate folosirii acestor combustibili.

Combustibilii grei românești se extind pe o gamă largă de calități, dar în viitor trebuie să se acționeze pentru a putea fi încadrați acceptabil în clasele de calități recomandate de CIMAC. În I.N.M.T. s-a realizat un standard specializat de complexitate mărită, care permite determinarea experimentală și calcularea principalelor caracteristici de ardere, într-un timp scurt. Astfel combustibilii grei vor putea fi livrați la calitatea dorită, ce eventual va putea fi îmbunătățită față de un combustibil greu care este luat drept etalon.

Îmbunătățirea se poate realiza prin amestecarea cu produse distilate, prepararea fizico-mecanică separînd apa și impuritățile din combustibilul greu sau prin prepararea chimică adăugînd diferiți aditivi.

Experimentările pe acest stand necesită cantități infime de combustibil sub formă de mici picături.

Se consideră că oscilogramele de ardere, de tipul prezentat în lucrare, pot genera un criteriu de apreciere rapidă a calității combustibililor grei, înainte de efectuarea analizelor fizico-chimice, care necesită un timp apreciabil și în general nu furnizează valori medii care pot caracteriza corect combustibilul. Menționăm importanța practică pe care o prezintă ridicarea și analiza oscilogramelor arderii, pentru stabilirea incompatibilității la amestecare a combustibililor grei cu distilate.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Ghia, V., Dinu, N., Trancă, I.* : Combustibilii lichizi grei obținuți din țiței pentru motoarele diesel. Specificații. Construcția de mașini, anul XXXVIII, martie, 1986.

[2] *Chapuy, J.* : Le moteur Diesel marin face aux combustibles disponibles. Ingènieurs de l'automobile, nr. 11, avril-mai, 1981 p. 58—72.

[3] *Syassen, O.* : New CIMAC Recommendations for Intermediate Fuels. Diesel-Gas Turbine, August 1982, p. 40—42.

[4] *Ghia, V. și alții* : Combustibilii lichizi grei pentru motoarele diesel obținuți din țiței. Disponibilități. Specificații. Sesiunea a cincea de comunicări. I.N.M.T., București, 1985.

[5] *Ghia, V. și alții* : Asupra particularităților constructiv-funcționale ale motoarelor diesel concepute pentru folosirea combustibililor lichizi grei inferiori. Sesiunea a cincea de comunicări. I.N.M.T. București 1985.

[6] *Ghia, V. și alții* : Studiul pantru stabilirea soluției de realizare a standului de cercetare a proceselor de ardere și anexele aferente. Lucrare internă I.N.M.T., martie 1986.

[7] *Mitache, T. și alții* : Realizarea instalației de încălzire electrică la camera de ardere. Cercetări privind captarea prelucrarea și afișarea semnalelor electrice rezultate din variația intensității luminoase a picăturilor arzînd. Lucrare internă I.N.M.T. decembrie 1986.

[8] *Hottel, C., Williams, G.* : Combustion of droplets of heavy liquid fuel. Fifth Symposium on Combustion, New York, 1955, p. 101—129.

[9] *Ghia, V.* : Recirculația gazelor de ardere. Editura Academiei R.S.R., București, 1968, p. 150—171.

[10] *Ghia, V., Lemnean, N.* : Influence du carburant sur les timps de combustion des gouttes de mazout et de rèsidu phénolique. Revue Générale de thérmique, nr. 86, Février, 1969, p. 165—176.

[11] *Ghia, V., și alții* : Experimentări pentru determinarea caracteristicilor de ardere a amestecurilor combustibil greu cu motorină. Lucrare internă I.N.M.T., decembrie, 1987.

CZ : 621.822

Asupra calculului durabilității rulmenților radiali cu bile pe baza caracteristicii la oboseala de contact a materialului

Prof. dr. doc. inf. Traian **DEMIAN**, conf. dr. ing. Constantin Anton **MICU**, șef lucr. ing. Iosif **CURIȚA** — Institutul Politehnic București

Extinderea utilizării tehnicii de calcul, în stadiul actual al metodei de determinare a durabilității rulmenților pune cercetătorilor și proiectanților o serie de probleme legate de stocarea unei mari cantități de date, în legătură și cu capacitatea de încărcare dinamică de bază, pentru fiecare tipodimensiune de rulment, informații care, în mod curent, pot fi găsite în cataloagele firmelor furnizoare sau în standarde. Din această cauză, s-a pus problema conceperii unei metodologii de calcul al durabilității rulmenților, care să nu mai necesite utilizarea unor astfel de date.

La elaborarea acesteia s-a plecat de la unele considerente legate de metoda în uz.

În prezent, durabilitatea L a unui rulment radial cu bile se determină cu relația

$$L = \left(\frac{C}{Q}\right)^3 \text{ (mil. rotații)}, \qquad (1)$$

în care C reprezintă capacitatea de încărcare dinamică de bază, în [N], iar Q — sarcina radială dinamică echivalentă, în [N].

Relația (1) este valabilă în intervalul 10^6—10^{10} rotații, în care rezultatele obținute sînt satisfăcătoare.

Dacă se consideră oboseala de contact a materialelor drept cauză principală a deteriorării elementelor în contact cu rostogolire, sau de rostogolire cu alunecare (sub formă de deformații plastice, uzură, gripare, spalling, pitting etc.), atunci, pentru mărimea durabilității, o deosebită importanță prezintă numărul de cicluri de solicitare a punctelor de pe suprafețele de rulare, pînă la apariția primelor semne de oboseală. În consecință, durabilitatea rulmenților este — în condiții normale, adică pentru un oțel cu o structură considerată ca omogenă și un produs caracterizat prin configurație și dimensiuni uzuale, tehnologie de execuție și de montaj corespunzătoare, exploatare corectă (fără suprasarcini, la turație moderată și ungere bună) — dependentă direct de tensiunile de contact dintre bile și căile de rulare.

Fiind un fenomen de oboseală și, în cazul solicitării la oboseală de contact a rulmenților, dependența dintre tensiunile de contact și numărul de cicluri de solicitare a punctelor de pe suprafețele de rulare, la care rezistă materialul, se prezintă sub forma unei curbe similare, ca alură, cu cea a lui Wöhler. Aceasta este specificată fiecărui fel de material solicitat, indiferent de geometria și dimensiunile elementelor în contact.

O expresie analitică pentru o astfel de curbă poate fi dedusă, considerîndu-se relația tensiunii normale de contact maxime, în cazul solicitării cu o forță de contact F, și anume :

$$\sigma_{0,F} = \frac{1}{\pi}\frac{1}{n_p}\sqrt[3]{\frac{3}{2}\left[\frac{\Sigma\left(\frac{1}{\rho}\right)}{\eta}\right]^2\frac{F}{m}}, \qquad (2)$$

în care :

$$n_p = \frac{1}{n_a \cdot n_b}; \quad n_a = \sqrt[3]{\frac{2}{\pi}\left(1+\frac{B}{A}\right)D'};$$

$$n_b = \sqrt[3]{\frac{2}{\pi}\left(1+\frac{A}{B}\right)(K-D')\sqrt{1-e^2}};$$

$$\frac{A}{B} = (1-e^2)\frac{D'}{K-D'}; \quad e = \sqrt{1-\left(\frac{b}{a}\right)^2};$$

$$a = n_a\sqrt[3]{\frac{3}{2}\eta\frac{Q}{\Sigma\left(\frac{1}{\rho}\right)}};$$

$$b = n_b\sqrt[3]{\frac{3}{2}\eta\frac{Q}{\Sigma\left(\frac{1}{\rho}\right)}};$$

$$K = \int_0^{\frac{\pi}{2}}\frac{d\varphi}{\sqrt{1-e^2\sin^2\varphi}}; \quad D' = \frac{1}{e^2}(K-L);$$

$$L = \int_0^{\frac{\pi}{2}}\sqrt{1-e^2\sin^2\varphi}\,d\varphi;$$

$$\sum\left(\frac{1}{\rho}\right)=\left[\left(\frac{1}{R_{I,1}}+\frac{1}{R_{II,1}}\right)+\left(\frac{1}{R_{I,2}}+\frac{1}{R_{II,2}}\right)\right]=$$
$$=2(A+B),$$

indicii inferiori I și II nominalizînd elementele în contact, iar 1 și 2 — planele principale care se intersectează la 90°. Pentru cazul contactului teoretic punctiform, bilă — cale de rulare din inelul interior, este valabilă corespondența:

$$R_{I,1}=R_{I,2}=\frac{d_b}{2},\quad R_{II,1}=\frac{D_i}{2}=$$
$$=0{,}5\left(\frac{D_c}{\cos\alpha}-d_b\right),\quad R_{II,2}\approx 0{,}52\,d_b,$$

unde :

D_c este diametrul cercului centrelor bilelor;
d_b — diametrul unei bile;
α — unghiul nominal de contact;
$\eta=\frac{1-\nu_I^2}{E_I}+\frac{1-\nu_{II}^2}{E_{II}}$, în care ν_I și ν_{II} reprezintă coeficienții lui Poisson ai materialelor elementelor în contact, iar E_I și E_{II} modulurile de elasticitate longitudinale ale acestora; $m=1+2\cos^{\frac{5}{2}}\beta+2\cos^{\frac{5}{2}}2\beta+\ldots+2\cos^{\frac{5}{2}}n_1\beta$, n_1 fiind numărul maxim de bile cuprins într-un unghi la centrul de 90° și β — unghiul la centru dintre două bile succesive.

Pentru sarcina radială dinamică echivalentă Q, relația (2) devine

$$\sigma_{0,Q}=\frac{1}{\pi}\frac{1}{n_p}\sqrt[3]{\frac{3}{2}\left[\frac{\sum\left(\frac{1}{\rho}\right)}{\eta}\right]^2\frac{Q}{m}},\qquad(3)$$

iar pentru capacitatea de încărcare dinamică de bază C, aceasta ia forma

$$\sigma_{0,C}=\frac{1}{\pi}\frac{1}{n_p}\sqrt[3]{\frac{3}{2}\left[\frac{\sum\left(\frac{1}{\rho}\right)}{\eta}\right]^2\frac{C}{m}}\qquad(4)$$

Din relațiile (3) și (4) se pot deduce expresiile lui Q și C, astfel :

$$Q=\frac{2}{3}\left[\frac{\eta}{\sum\left(\frac{1}{\rho}\right)}\right]^2 m\pi^3 n_p^3\sigma_{0,Q}^3\qquad(5)$$

și

$$C=\frac{2}{3}\left[\frac{\eta}{\sum\left(\frac{1}{\rho}\right)}\right]^2 m\pi^3 n_p^3\sigma_{0,C}^3,\qquad(6)$$

de unde

$$\frac{C}{Q}=\left(\frac{\sigma_{0,C}}{\sigma_{0,Q}}\right)^3\qquad(7)$$

Deci, relația (1) devine :

$$L=\left(\frac{\sigma_{0,C}}{\sigma_{0,Q}}\right)^9\ \text{(mil. notații)},\qquad(8)$$

sau :

$$L_r=10^6\ L=10^6\left(\frac{\sigma_{0,C}}{\sigma_{0,Q}}\right)^9\ \text{(rotații)}.$$

Pentru a se putea exprima durabilitatea în cicluri de solicitare, este necesar să se stabilească numărul de cicluri de solicitare la o rotație completă a inelului interior al rulmentului, utilizîndu-se relația :

$$f_i=0{,}5\ z(1+d_b/D_c)\qquad(9)$$

(nr. de cicluri de solicitare/rotație completă a inelului),

în care :

z reprezintă numărul bilelor pe un singur rînd;
d_b — diametrul bilelor, în [mm] ;
D_c — diametrul cercului care trece prin centrele bilelor, în [mm].

Rezultă

$$L_{c.s.}=L_r\cdot f_i=10^6\left(\frac{\sigma_{0,C}}{\sigma_{0,Q}}\right)^9 f_i\qquad(10)$$

(cicluri de solicitare)

Se poate obține, acum, legea de variație a lui $\sigma_{0,Q}$, astfel :

$$\sigma_{0,Q}=\left(\frac{1}{L_{c.s.}}\right)^{\frac{1}{9}}\sigma_{0,C}\ \ [\mathrm{MP_a}],$$

valabilă pentru valorile lui $L_{c.s.}$ cuprinse între aproximativ 10^6 și 10^{10} cicluri de solicitare.

Se observă că relația (11) este dependentă de seria rulmentului și reprezintă expresia unei curbe de alură hiperbolică.

În urma analizei formei curbei, rezultată din relația (11), s-a ajuns la concluzia că o ecuație de formă exponențială ar putea exprima, mai corect, legătura dintre tensiunea de contact și numărul de cicluri de solicitare. În acest sens, după mai multe încercări, s-a găsit o funcție de forma :

$$\sigma_{0,Q}=\sigma_0 e^{-\left(\frac{\ln L_{c.s.}}{M}\right)^N}\qquad(12)$$

Introducîndu-se în relația (11) mărimile : $\sigma_{0,C}=5000$ MP /2, 3, 10 și $f_i=4$, 8, aceasta din urmă constituind o valoare medie, și punîndu-se condiția ca valoarea rezultată pentru $\sigma_{0,Q}$ din relația (12) să fie egală cu cea reieșită din relația (11), corespunzătoare aceluiași număr de cicluri de solicitări, se obțin, prin aplicarea metodei celor mai mici pătrate, următoarele :

$\sigma_0=8000\ [\mathrm{MP_a}]$, $M=20$ și $N=2{,}75$.

Tensiunile normale de contact $\sigma_{0,Q}$, corespunzătoare intervalului de durabilitate ($10^6 \ldots 10^{10}$) rotații, calculate cu relațiile (11) și (13)

Tabelul 1

L_r (rotații)	Valoarea lui $\sigma_{0,Q}$ [MPa] determinată cu :		Diferența procentuală $\frac{\text{rel. (11)} - \text{rel. (13)}}{\text{rel. (11)}} 100$ %	Observații
	rel. (11)	rel. (13)		
10^6	5823	5573	+4,3	$L_{c.s.} = L_r \cdot f_i$
5.10^6	4869	4903	—0,7	
10^7	4508	4604	—2,1	
5.10^7	3770	3903	—3,5	
10^8	3490	3603	—3,23	
10^9	2703	2656	+1,7	
10^{10}	2093	1833,5	+12,4	

În intervalul ($10^6 \ldots 10^{10}$) rotații, funcția :

$$\sigma_{0,Q} = 8000\, e^{-\left(\frac{\ln L_{c.s.}}{20}\right)^{2,75}} \qquad (13)$$

o aproximează pe cea din relația (11) cu o abatere de cel mult 12,4% (tab. 1), avînd, concomitent, avantajul că, în timp ce, în situația relației (11) pentru $L_{c.s.} \to 0$ se obține $\sigma_{0,Q} \to \infty$, ceea ce este anormal, în cazul expresiei (13), cînd $L_{c.s.} \to 0$, atunci $\sigma_{0,Q} \to 8000$ MPa, rezultat evident posibil.

Un alt avantaj al relației (13) constă în aceea, că, în raport cu expersia (11), pentru $L_{c.s.} > 10^{10}$ cicluri de solicitare, $\sigma_{0,Q}$ are valori mai reduse, fiind mai apropiate de realitate.

Din expresia (13) se poate stabili și o altă relație pentru durabilitatea rulmenților, și anume :

$$L_{c.s.} = 10^{D_1} \text{ (cicluri de solicitare)}, \qquad (14)$$

$$\text{în care } D_1 = 8{,}686 \left(\ln \frac{8000}{\sigma_{0,Q}}\right)^{0,3636}, \text{ sau}$$

$$L = \frac{10^{D_1 - 1}}{f_i} \text{ (mil. rotații)} \qquad (15)$$

În timp ce relația (13) depinde numai de comportarea la oboseala de contact a materialelor elementelor în contact cu rostogolire ale rulmenților, expresia (15) este condiționată de f_i și de tensiunile de contact, deci de contact, deci de construcția rulmentului.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Crețu, S., Sp.* : Contribuții privind durabilitatea și capacitatea portantă ale elementelor aflate în contact cu rostogolire în condiții de deformații elasto-plastice, cu aplicații la rulmenții radiali. Institutul Politehnic Iași, teză de doctorat, 1978.

[2] *Demian, T.* : Elemente constructive de mecanică fină. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980.

[3] *Demian, T., Tudor, D., Curița, I., Nițu, C.* : Bazele proiectării aparatelor de mecanică fină, vol. I — 1984, vol. II — 1986, Editura Tehnică, București.

[4] *Harris, T.A.* : Rolling Bearing Analysis. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1966.

[5] *Harris, T.A.* : Ball Motion in Thrust-Loaded Angular Contact Bearing with Coulomb Friction. În : Trans. of ASME, Journal of Lubrication Technology, vol. 93, January, 1971, p. 32—38.

[6] *Lundberg, G., Palmgren, A.* : Dynamic Capacity of Rolling Bearings. În: Acta Polit. Mech. Engrs. Sr. 1 (3), p. 1—80, 1947.

[7] *Micu, C.A., Curița, I.* : Asupra calculului capacității de încărcare dinamice de bază în cazul rulmenților miniaturali radiali cu bile. Tribotehnica, Ploiești, 22—24 oct., 1982.

[8] *Ponomariov, S.D., ș.a.* : Calculul de rezistență în construcția de mașini, vol. II — 1960, vol. III — 1963, Editura Tehnică, București.

[9] *Popinceanu, N., ș.a.* : Probleme fundamentale ale contactului cu rostogolire. Editura Tehnică, București, 1985.

[10] *Manea, Gh., ș.a.* : Organe de mașini, vol. II. Editura Tehnică, București, 1958.

SUMAR ANUAL PE PROBLEME
1987

Autori	Titlul articolului	Pag./nr.
	Sisteme și utilaje de asigurare a calității tehnice a produselor	
IOSUB, GH., LOGHIN, P. :	**Analiza capabilității fabricației, factor hotărîtor în reușita mecanizării și automatizării montajului**	1/1
DORIN, AL., ENCIU, G. :	**Utilizarea mașinilor de măsurat în coordonate în cadrul sistemelor flexibile de fabricație**	5/1
MOȚOIU, R., STANCU, MARIA, DOBRE, V., GOLDHAMER, MARIANA, GOLDHAMER, A., CHICULESCU, R. :	**Dispozitive multicote de măsurare inteligentă**	13/1
DORIN, AL. :	**Controlul automat al uzurii sculelor așchietoare în sisteme tehnologice flexibile**	17/1
DORIN, AL. :	**Metode indirecte de diagnoză a uzurii sculelor așchietoare**	24/1
DOBRE, V., CÎMPAN, M. :	**Familii de mașini automate pentru montajul, prin împerechere, al rulmenților cu bile**	31/1
CIORĂU, P. : BOTA, C., COSTACHE, M., BOCĂNEALĂ, M. :	**Contribuții teoretice și practice privind examinarea nedistructivă a îmbinărilor sudate în colț de la circuitele de distribuție**	33/1
TROFIN, ILEANA, KISS, P. P., IONIȚĂ, D. :	**Sistem de control și înregistrare a aparametrilor de sudare cu arcul electric**	39/1
SĂNDULESCU, S., TOTHEZAN, P., CAZIMIROVICI, ELENA, TOTHEZAN, SORINA :	**Analiza fiabilității motoarelor termice și efectul de feed-back al datelor din exploatare în activitatea de concepție**	43/1
ULMANU, V. :	**Analiza fiabilității garniturii de foraj**	49/1
BĂLĂȘIU, D. :	**Investigațiile de avarie — metode noi de creștere a fiabilității**	56/1
MOȚOIU, R., IOSUB, GH. :	**Costurile calității — o importantă resursă economică**	59/1
DOVAL, ELENA :	**Disponibilitatea autovehiculelor și costurile exploatării**	63/1
	Tehnologii actuale de deformare plastică	
HERA BUCUR, I. :	**Actualitatea tehnologiilor de extrudare și forjare oscilantă**	67/2-3
TODORESCU, A. :	**Aspecte ale extrudării la rece a pieselor pentru aparatura de injecție a motoarelor diesel**	68/2-3
OLARU, T. :	**Unele aspecte teoretice și practice privind extrudarea semifabricatelor pentru industria de componente electronice**	74/2-3
GHERMAN, R. :	**Extrudarea la rece a metalelor și experiența Întreprinderii de Autocamioane Brașov în acest domeniu**	84/2-3
PRALEA, V. :	**Posibilități de aplicare a extrudării și forjării orbitale la rece în industria de tractoare**	88/2-3
TOLAN, GH., MAKOVI, GH., CIOBANU, D. :	**Soluții tehnologice și realizări în domeniul extrudării corpurilor de bujii**	94/2-3

TOTH, J. :	**Aplicarea deformării plastice la rece în domeniul sculelor de filetat**	99/2-3
DRĂGAN, I. : CANTA, T., ACHIMAȘ, GH. :	**Cercetări asupra aplicării procedeului de forjare orbitală la matrițarea flanșelor**	101/2-3
TUREAC, I. :	**Considerații asupra condițiilor impuse la proiectarea și executarea preselor pentru extrudare la rece**	104/2-3
COJOCARU, ȘT., MONAFU, S., PARASCHIVESCU, N., NIȚU, M., MAZILU, V. :	**Concepția asimilării unor familii de prese pentru extrudarea la rece a metalelor**	110/2-3
MARINESCU, R.F., MEDVEȚCHI, CLEOPATRA, VIȚELARU, N. :	**Considerații asupra principiilor de proiectare a matrițelor din carburi metalice sinterizate, pentru prelucrăti prin deformare plastică la rece**	114/2-3
VOICU, A. :	**Scule pentru extrudarea la rece**	122/2-3
BĂRZESCU, A. :	**Considerații tehnice privind aplicarea procedeului de deformare a metalelor prin forjare orbitală**	126/2-3
POTÎNTEU, C. :	**Considerații și soluții privind extrudarea la rece a materialului AL Mg 5 S, folosit în aparatura optică**	130/2-3

Deformare plastică

DRĂGAN, I., NISTOR, L. :	**Studiul solicitărilor într-o matriță fretată utilizînd metoda elementului finit**	149/4
VASILIU, A., ANTONESCU, N. :	**Unele aspecte privind forjarea aliajelor de titan**	151/4
DUNCA, TR., BOJIȚĂ, I.M. :	**Probleme privind consumurile energetice specifice la încălzirea inductivă pentru forjare**	155/4
PRIDVORNIC, M., LAMERT, FR. :	**Tehnologie de laminare a inelelor profilate pe laminor orizontal**	158/4
BĂLTĂNOIU, M. :	**Influența forjării asupra tenacității oțelului carbon normalizat și îmbunătățit**	161/4
POPA, AL. :	**Cercetări experimentale privind influența formei secțiunii transversale și a razei de racodare a poansonului asupra forței necesare execuției prin imprimare la rece a matrițelor din oțeluri RUL 1 și Rp 5**	165/4
SIPOȘ, G., CARVACI, P.,	**Încălziea zonală prin inducție a unor piese cu secțiune variabilă**	167/4
LAMMERT, FR. :	**Contribuții privind utilizarea metodei Shore la determinarea tensiunilor interne din piese forjate**	170/4
TĂNASE, S. :	**Unele cauze ale deteriorării sculelor de lucru la cald. Soluții tehnice și constructive pentru creșterea durabilității și productivității în exploatare**	174/4
MOLDOVAN, V., ȚUȚUREA, M. :	**Unele aspecte privind fabricarea prin laminare a foilor de arc cu secțiune variabilă**	178/4
PARASCAN, O., TEODORIU, A.E., OPREA, E., ȘERBĂNESCU, R. :	**Tehnologie de fabricație la cald a țevilor pentru mufe din țevi sudate longitudnal**	183/4
ARJOCA, I., DINA, GH. :	**Sudarea prin frecare a arborelui primar de la cutia de viteză a autoturismului DACIA 1300**	185/4
STOENESCU, FL., MUREȘAN, M., REABOI, AL. :	**Procedeu de realizare, din oțel rapid, a burghielor elicoidale în gama ∅23 mm ... ∅65 mm, prin extrudare la cald**	188/4

Echipamente termoenergetice

POPA, A. :	**Douăzeci de ani de cercetare și inginerie tehnologică în domeniul echipamentelor termoenergetice**	197/5

BRĂDĂȚEANU, V., CÂRDU, M. :	**Realizări și perspective în concepția și construcția de turboagregate**	199/5
VÂRGOLICI, R. :	**Priorități în concepția și construcția de cazane**	205/5
POPOVICI, T., ALINCĂI, T., NOVINSCHI, V.,	**Procedeu și instalație pentru valorificarea și recuperarea energiei termice în industria siderurgică**	210/5
MIHĂILESCU, M., RĂILEANU, V.,	**Atingerea unor înalte nivele de competitivitate în realizarea subansamblelor instalației de reglare electrohidraulică**	216/5
ADREESCU, D., DONCEA, M., DVORAC, V., VUZA, I., MITOI, F.I. :	**Cercetări privind realizarea și implementarea unor turboagregate recuperatoare de 200 kW**	221/5
ALEXE, M., HAIDUC, C., MIREA, MIOARA :	**Calculul termic asistat de calculator, cu programe proprii, pentru o gamă tipizată de cazane recuperatoare**	225/5
VARGOLICI, R., MĂLDĂRESCU, T. :	**Modernizarea vaporizatorului și a sistemului de ghidare-dilatare la cazanele de 1035 t/h**	235/5
NISTOR, I., MINEA, I., DRAGOȘ, L., DĂMĂCEANU, ELENA, SISCHIN, E., MACARIE, RODICA :	**Realizări privind tehnologia arderii în strat fluidizat a combustibililor solizi și aplicarea ei la cazanele de apă fierbinte și abur**	247/5
TĂTARU, N., FENDRIHAN, L,. DOGARU, M. :	**Proiectarea asistată de calculator a generatorului de gaz în strat fluidizat sub presiune cu insuflare de abur și oxigen**	253/5
DOGARU, M., MÜLLER, I., RAICU, F. :	**Program de calcul în vederea modelării matematice a poceselor de ardere și schimb de căldură pentru combustibili solizi**	258/5
GEORGESCU, M., CHIRIACESCU, M., BEJAN, L. :	**Supravegherea flăcării la cazane energetice-realizări și perspective**	262/5
NISTOR, I., MACARIE, RODICA, DOBRA, H., HIRISTESCU, GEORGETA, ZISSULESCU, ECATERINA, FLORICA, ELENA :	**Dezvoltarea cercetării, proiectării și construcției de electrofiltre în R.S.R.**	266/5
BOCHIȘ, I. :	**Compresoare cu membrană pentru vehicularea, fără impurificare, a gazelor de sinteză**	274/5
HAIDUC, C. :	**Cercetări privind recuperarea resurselor enegetice refolosibile din gazele de ardere, la temperaturi sub punctul de rouă, cu economizoare cu contact**	275/5
IONAȘEK, TH., ANDREI-IONESCU, P. :	**Considerații asupra unui nou tip de captator solar plan pentru încălzit un fluid de lucru gazos**	279/5

Utilaje pentru deformare plastică la cald

LUPUȘANSCHI, L., CRISTESCU, C., STRUJAC, D. :	**Roboți și manipulatoare de forjă**	289/6
GRIBOVSCHI, D., DORIANU, E., MĂLĂESCU, D., POP, ST. :	**Mecanizarea grupurilor tehnologice de forjare-matrițare**	292/6

MOLDOVAN, V., SARAMET, C., GIURGIU, ADRIANA, SZABO, C. : **Metodă de calcul complex al batiurilor de prese** 295/6

MIRON, T., NEAȚĂ, N., MASTICI, G. : **Principalele probleme tehnice legate de asimilarea preselor mecanice de forjat orizontal** 306/6

CANTA, T., ACHIMAȘ, GH., SĂBĂDUȘ, D., FRUNZĂ, D. : **Considerații teoretice privind proiectarea mașinilor de forjat oscilante** 310/6

ȘOIMAȘI, FR., DORIANU, E., RĂDULESCU, M., BURZ, C., KOVACS, ST. : **Presă hidraulică multidirecțională pentru formarea la rece a racordurilor „T" și a crucilor din țeavă** 315/6

MOLDOVAN, V., MOCIRAN, M. : **Metodă generalizată de calcul energetic al preselor cu șurub acționate hidraulic** 316/6

RĂDULESCU, M. : **Dispozitiv pentru protecția și controlul filtrelor de înaltă presiune** 320/6

MOLDOVAN, V., BEJAN, M., GRECU, D.: **Calculul, asistat de calculator, al batiurilor de prese, încărcate simetric** 321/6

DORIANU, E.: **Mașină de debitat cu disc cu diametrul de 2020 mm. Posibilități de mecanizare** 323/6

DORIANU, E., MĂLĂESCU, D. : **Manipulator pentru laminoare de preforjare** 326/6

CONESCU, I., PUIUȚ, H., NEDELCU, ST. : **Modernizarea ciocanelor matrițoare cu dublu efect, acționate cu aer sau abur** 335/6

Tehnologii și utilaje pentru deformare plastică la rece

ROȘCA, A. : **Sisteme flexibile de prelucrare prin deformare plastică la rece** 341/7-8

APOSTOLINA, ALEXANDRA : **Tipizarea elementelor de manipulare pentru alimentarea și evacuarea pieselor prelucrate prin deformare plastică la rece** 346/7-8

BARBU, G. : **Noi precizări privind ștanțarea de precizie a pieselor din oțel** 358/7-8

TEODORESCU, M., ROȘCA, CĂTĂLINA, STROE, N., VLAD, E. : **Cercetări privind tehnologia de ambutisare succesivă din bandă** 362/7-8

MARIN, GH. : **Linie automată de decupat discuri pentru roți auto** 367/7-8

ROȘCA, A., CARBAȘEVSCHI, C., BEDREAGĂ, S., BOBE, S. : **Linie de transfer pentru presat jenți auto** 368/7-8

TEODORESCU, M., ROȘCA, CĂTĂLINA : **Proiectarea, asistată de calculator, a tehnologiei și echipamentului tehnologic pentru ambutisarea pieselor de revoluție** 372/7-8

NICOARĂ, D., TEODORESCU, M., PĂUNOIU, V., DELEANU, LORENA : **Proiectarea, cu ajutorul calculatorului, a zonei active la profilarea la rece din bandă** 377/7-8

ROȘCA, A., BEDREAGĂ, S., GRIGORIU, TH. : **Tehnologia de fabricație a piuliților elastice și de tip „clips" pentru autoturismul OLTCIT** 383/7-8

TEODORESCU, M., CIOCAN, O., NICOARĂ, D., GHEORGHIEȘ, C. : **Îmbunătățirea indicilor calitativi la prelucrarea aluminiului prin deformare hidrostatică la rece** 387/7-8

MARTINESCU, I. : **Calitatea pieselor debitate prin forfecare la rece, din material semidur, cu ajutorul unui dispozitiv cu cuțit mobil rotitor** 390/7-8

CIOCAN, O., TEODORESCU, M., NICOARĂ, D., ANDRONIC, C., BOȘILCĂ, GH. : **Cercetări privind îmbunătățirea calității suprafețelor cilindrice exterioare, de prelucrarea prin deformare plastică superficială** 395/7-8

MARIN, GH., BEDREAGĂ, S. : **Automatizarea alimentării cu piese în vrac a preselor** 398/7-8

Mecanică fină

Elemente constructive de mecanică fină

DEMIAN, T. : PASCU, A. : **Un nou tip de cuplaj elastic, cu canal elicodial, pentru mecanică fină** 415/9

DUMITRESCU, N. : **Considerații privind proiectarea ghidajelor de alunecare cu profil trapezoidal pentru microscoape biologice** 417/9

MICU, C.A., CURIȚA, I. : **Asupra unor aspecte ale contactului punctiform la rulmenții radiali cu bile** 426/9

PURI, G., POMMERSHEIM, A., PAU, V. : **Separarea excentricității alezajului roții dințate față de centrul geometric al danturii, în urma determinării variației distanței de măsurat dintre anexe, la roți dințate de mecanică fină realizate din materiale plastice*** 431/9

RAICU, A., TOMESCU, D. : **Simularea funcționării mecanismelor** 434/9

TOTU, A. : **Studiul cinematicii mecanismului tip cruce de Malta*** 436/9

Echipamante pentru prelucrarea datelor

DEMIAN, T., NIȚU, C., SELEVET, V. : **Probleme ale construcției și comportării dinamice a capetelor de imprimare matriciale cu ace** 442/9

TURBATU, GH., TUDOR, B., NIȚU, C., POPA, GABRIELA : **Aspecte constructive și funcționale în proiectarea unui plotter cu masa plană** 448/9

TUDOR, D. : **Optimizarea acționărilor cu motoare pas cu pas electrice** 451/9

GRECU, E., ENESCU, N., PIRPILIU, M. : **Plotter multicreion cu tambur pentru formate mici** 455/9

Roboți industriali

DEMIAN, T., PANAITOPOL, H. : **Determinarea experimentală a parametrilor cinetostatici ai unei mîini mecanice cu mecanism cremalieră sector dințat** 459/9

BALAURE, E. : **Structura și aplicațiile unui nou robot adaptiv*** 462/9

Tractoare

PETRESCU, N. : **Asigurarea nivelului tehnic și calitativ al tractoarelor** 475/10

MARINCOVICI, LAURA, MOLDOVEAN, MONICA, SÂNGEORZAN, LIVIA : **Determinarea nivelului tehnic și calitativ al tractoarelor agricole și industriale prin gestiunea automată a informațiilor** 479/10

DELIU, GH., STANCIU, I., VEN, ȘT. : STANCIU, I., VEN, ȘT., — **Considerații asupra repartiției puterii pentru acționarea echipamentului și pentru tracțiune, la buldozerele cu transmisie hidromecanică** — 482/10

LEOVEANU, I. : — **Metodă de optimizare a dimensiunilor lamei de buldozer** — 485/10

STANCIU, I., MOLDOVEAN, MONICA : — **Analiza dependenței multifactoriale a volumului prismei de pământ, la buldozerele pe șenile** — 488/10

DRĂGHICI, I., CERNAHOSCHI, M. : — **Referitor la optimizarea alegerii unui anumit tip de cuplaj, pentru un sistem de acționare dat** — 491/10

MIULESCU, P., MACOVEI, M. : — **Determinarea portanței angrenajelor cilindrice cu dantură în evolventă, în procesul de proiectare** — 494/10

STATE, D., BEDŐ, CORNELIA, BÂLĂ, M., LUȚESCU, M., GROVU, M. : — **Generarea numerică a profilelor spațiale, cu aplicații în construcția capotajelor de tractoare** — 496/10

PETRESCU, N., POPESCU, B., GĂLEȘANU, AL., POP, AL. : — **Cercetări experimentale privind influența configurației canalelor de evacuare a uleiului și a prelucrării suprafeței de fricțiune asupra coeficientului de frecare cinetic, la segmenții frînelor cu bandă, cu funcționare în ulei** — 499/10
în ulei — 499/10

GUJA, JENIȚA : — **Extinderea utilizării maselor plastice în construcția de tractoare** — 503/10

CONSTANTIN, FL., LAZĂR, H., MUNTEANU, M., PÂRLEA, GEORGETA, BĂDRĂGAN, SILVIA : — **Simularea vibrațiilor scaunului tractorului U 1010 pe standul de încercare** — 504/10

MUNTEANU, AL., GĂLEȘANU, AL., CIOBANU, I. : — **Cercetări privind înlocuirea oțelurilor slab aliate de cementare cu fontă, cu grafit nodular, călită izoterm** — 508/10

GĂLEȘANU, AL., CIOBANU, I., MUNTEANU, AL., — **Cercetări experimentale privind comportarea la oboseală și uzare a fontelor cu grafit nodular, călite izoterm** — 511/10

AVRAM, V. : — **Model matematic pentru determinarea domeniului optim actual la rectificarea rotundă exterioară, cu viteză mărită, pe mașini convenționale** — 514/10

Sudarea și încercarea materialelor

TROFIN, ILEANA, TOTH, A.R. : — **Contribuții la perfecționarea sistemelor de control al parametrilor de sudare cu arcul electric tip SC, în vederea utilizării acestora în cadrul unor instalații complexe de sudare, supravegheate de calculatoare electronice** — 519/11

DEHELEAN, D. : — **Influența lungimii piesei asupra cîmpului termic la sudarea cu arc rotitor** — 521/11

BOITOR, V., DOBRESCU, C., BIHOI, R., TONEA, S. : — **Instalație de sudare, după procedeul WIG cu material de adaos, a colțurilor dulapurilor de frigidere** — 525/11

SOARE, D., JONI, N. : — **Utilizarea procedeelor semimecanizate de sudare sub apă, cu uscare locală** — 527/11

OLARIU, C., VERBIȚCHI, V., URS, GR. : — **Încărcarea prin sudare mecanizată sub flux a elementelor de etanșare de la unele robinete industriale** — 531/11

FLEȘER, T. : — **Investigații asupra comportării oțelului X 12 Cr Ni W Ti 16.13 după solicitarea de lungă durată** — 538/11

TRUȚĂ, T. : — **Caracteristicile și testarea filmelor radiografice românești Gamagraf G_1 și Gamagraf G_2** — 542/11

CRAMARIUC, R., OLTEANU, ST., CHIVU, V., COBANU, FLORENTINA, CAZAC, C., SCĂRLĂTESCU, TATIANA, OLTEANU, RODICA, JIPA, S., POPA, CORINA, SETNESCU, R., ILIE, S., ROBU, TEODORA, SETNESCU, TANȚA, ILIE, DIANA, GHERECI, GEORGETA, MIHALCEA, I. : **Noi instalații pentru defectoscopie magnetică nedistructivă concepute și produse în I.C.P.E., destinate industriei constructoare de mașini și energeticii** 549/11

VARGA, L. : **Structuroscopie magnetică prin spectrul proceselor de magnetizare** 554/11

VARGA, L. : **Probleme legate de definirea și determinarea austenitei reziduale** 558/11

Protecția suprafețelor metalice prin metode chimice și electrochimice

MARINESCU, ANTOANETA : **Realizări și orientări de perspectivă în domeniul tehnologic și de proiectare a instalațiilor de acoperiri metalice, neutralizări și recuperări** 573/12

MARINESCU, ANTOANETA, BAY, EMILIA, AVRAM, I. : **Protecții funcționale prin electrodepuneri de metale singulare și aliaje** 574/12

BAY, EMILIA, HARPĂU, GABRIELA : **Depuneri de aliaje binare pe bază de zinc, cu înaltă rezistență la coroziune în climat tropical** 578/12

ROMAN, LIANA, BAY, EMILIA, BLIDARIU, MARIOARA : **Tehnologii moderne de protecție a subansamblelor în frecare, cu rezistență mare la uzură** 581/12

BRÎNZOI, V., APĂTEANU, LILIANA : **Coroziunea unor oțeluri în soluții concentrate de acid clorhidric, în prezența și absența inhibitorilor organici** 586/12

RADOVICI, O., POPESCU, BELARISA, ILIUȚĂ, I. : **Efectul de inhibiție a coroziunii, în prezența unor săruri cuaternare de amoniu cu radical alifatic** 594/12

KÖNIG, LILIANA, DINESCU, MARIA, POENARU, V. : **Cercetări în vederea asimilării produselor necesare realizării acoperirilor protector-decorative** 602/12

GAVĂT, RODICA, DUMITRESCU, M,. **Modernizarea tehnologică a liniilor de acoperiri metalice** 605/12

GRÜNWALD, E., WILLING, A., HARSÁNYI, M., HARSÁNYI, IULIA : **Proprietățile unui electrolit acid de cuprare cu concentrație scăzută de metal, la confecționarea circuitelor imprimate** 608/12

SACHIAN, A., BLIDARIU, MARIOARA, HARPĂU, GABRIELA, ANDONIANȚ, GH. : **Preocupări privind creșterea rezistenței la uzură, frecare și coroziunea protecțiilor metalice realizate chimic și electrochimic** 614/12

DUMITRESCU, M., PĂTRAȘCU, RODICA, SIMIONUC, GABRIELA : **Preocupări în acțiunea de recuperare a metalelor și a electroliților și de raționalizare a consumului de apă la instalațiile de acoperiri metalice** 616/12

NEAGU, A., IONIȚĂ, CARMEN : **Cercetări privind protecția anticorozivă a pieselor din oțel supuse prelucrării prin electroeroziune cu electrod filiform** 618/12

ZAHARIA, V. : **Modulizarea liniilor de galvanizare** 622/12

MĂRĂȘESCU, N. : **Tendințe moderne în concepția constructivă a utilajelor de galvanizare și realizări în acest domeniu** 626/12

x x x : **Date informative privind activitatea desfășurată de compartimentul de protecție prin acoperiri metalice (CAM), din cadrul I.C.T.C.M. București, în perioada 1984—1987** 627/12

Recenzii

HERA-BUCUR, I. : **Tapalagă, Iosif, Berce, Petru, Achimaș, Gheorghe — Extrudarea metalelor la rece. Ed. DACIA, Cluj-Napoca, 1986, 344 pag.** 136/2-3

VASILIU, A. : **Pridvornic, M., Tănase, S. — Îndrumător tehnologic al muncitorilor forjori. Ed. Tehnică, București, 1986, 390, pag., 300 fig., 140 tab., 43 ref. bibl. 22 lei** 195/4

POPOVICI, T. : **Miheț, I., Furtunescu, H. — Siguranța în exploatare a instalațiilor energetice. Ed. Tehnică, București, 1987** 286/5

CAZACU, C. : **Mihăescu, I., Cristea, E. D., Pănăiu, N., Ganea, L., Totolo, Gr. — Arzătoare turbionare. Teorie, construcție, utilizare. Ed. Tehnică, București, 1986** 287/5

ARGHIRIADE, I. : **Prof. dr. ing. VOICU SAFTA — Controlul îmbinărilor și produselor sudate. Defectologie. Radiații penetrante. Ultrasunete, Editura „Facla". Timișoara, 1984, 239 pag., 170 fig., 46 tab., 374 ref. bibl.** 569/11

ARGHIRIADE, I. : **Prof. dr. ing. VOICU SAFTA — Controlul îmbinărilor și produselor sudate. Dimensional și de suprafață. Metode electromagnetice. Emisie acustică. Controlul etanșeității. Încercări distructive. Editura „Facla" — Timișoara, 1986, 311 pag., 152 fig., 33 tab., 690 ref. bibl.** 570/11

ARGHIRIADE, I. : **Colectiv coordonator de prof. dr. doc. ing. DUMITRU REMUS MOCANU și prof. dr. doc. VOICU SAFTA Încercarea materialelor, vol. III. Controlul nedistructiv al metalelor. Editura Tehnică, București, 1986, 648 pag., 541 fig., 170 tab., 508 ref. bibl., 2 anexe** 571/11

Manifestări tehico-științifice

VASILIU, A. : **A 8-a Conferință de deformări plastice la clad, Brașov, octombrie, 1986** 192/4

CRIȘAN, GABRIELA : **Noutăți în domeniul motoarelor auto** 194/4

RADU, VASILICA : **Conferința internațională privind generarea MHD a energiei electrice, Tsukuba, 1986** 285/5

x x x : **Ziua constructorilor de mașini** 7-8

x x x : **FORTUS'87** 517/10

Documentare

OPRESCU, TEODOSIA: **Revista „Probleme ale construcției de mașini și ale automatizării"** 340/6

VERHOEFEN, U. : **Microfibrele — element de bază pentru sistemele moderne de filtrare a aerului comprimat** 412/7-8

CRIȘAN, GABRIELA : **Durificarea cu laser a canalelor de segmenți din piston** 414/7-8

STATIE, E. : **Invenții brevetate în domeniul echipamentelor termoenergetice** 287/5

Diverse

PRODAN, GH. : **Aportul cercetării științifice din construcția de mașini în actuala etapă de dezvoltare a țării noastre** 7-8

Reduceri de consumuri

FORJE, AL., MANEA, D., LORJE, IULIA, VULCU, V., VLAD, M., MORARIU, MARIA, VLAD, DOINA, CÎRSTEA, T. : **Criterii pentru optimizarea consumului de energie la elaborarea oțelului în cuptoare electrice pentru construcția de mașini** 327/5

Creativitate și eficiență în proiectarea modernă a dispozitivelor pentru mașini-unelte

BRĂGARU, A. : **Arhitectura piesei semifabricate, la prelucrarea în dispozitive pe mașini unelte*** 468/9

Posibilități de recuperare a energiei

FORJE, A., VLAD, M.F., MORARIU, MARIA, VLAD, DOINA, VIRGINICA, MANEA, D. : **Criterii de oportunitate privind introducerea standurilor de încercare și rodaj pentru motoare diesel, cu recuperarea energiei de frînare** 562/11

HIRSTESCU, C., IATAN, R. : **Separarea, în cîmp centrifugal, a unor suspensii din instalațiile tehnologice ale industriei construcțiilor de mașini** 401/7-8

x x x : **Sumar anual pe probleme** 137/2-3

x x x : **Indice alfabetic pe autori** 145/2-3

INDICE ALFABETIC PE AUTORI

A

ACHIMAȘ, GH. : nr. 2—3, p. 101 ; nr. 6, p. 310
AILINCĂI, T. : nr. 5, p. 210
ALEXE, M. : nr. 5, p. 225
ANDONIANȚ, GH. : nr. 12, p. 614
ANDRONIC, C. : nr. 7—8, p. 395
ANDREESCU, D. : nr. 5, p. 221
ANTONESCU, N. : nr. 4, p. 155
ARGHIRIADE, I. : nr. 11, p. 569, p. 570, p. 571
ARJOCA, I. : nr. 4, p. 185
APĂTEANU, LILIANA : nr. 12, p. 586
APOSTOLINA, ALEXANDRA : nr. 7—8, p. 346
AVRAM, I. : nr. 12, p. 574

B

BALAȘIU, D. : nr. 1, p. 56
BALAURE, E. : nr. 9, p. 462
BARBU, G. : nr. 7—8, p. 358
BAY, EMILIA : nr. 12, p. 574, p. 578, p. 581
BĂDRAGAN, SILVIA : nr. 10, p. 504
BĂLTĂNOIU, M. : nr. 4, p. 161
BĂLĂ, M. : nr. 10, p. 496
BĂRZESCU, A. : nr. 2—3, p. 126
BEDREAGĂ, S. : nr. 7—8, p. 368, p. 398, p. 383
BEJAN, I. : nr. 5, p. 262
BEJAN, M. : nr. 6, p. 321
BEDÖ, CORNELIA : nr. 10, p. 496
BIHOI, R. : nr. 11, p. 525
BLIDARIU, MARIOARA : nr. 12, p. 581
BOBE, S. : nr. 7—8, p. 368
BOCĂNEALĂ, M. : nr. 1, p. 33
BOCHIȘ, I. : nr. 5, p. 274
BOITOR, V. : nr. 11, p. 525
BOJIȚĂ, I. M. : nr. 4, p. 155
BOȘILCĂ, GH. : nr. 7—8, p. 395
BOTA, C. : nr. 1, p. 33
BRĂDĂȚEANU, V. : nr. 5, p. 199
BRĂGARU, A. : nr. 9, p. 468
BRÎNZOI, V. : nr. 12, p. 586, p. 614

C

CANTA, T. : nr. 2—3, p. 101, nr. 6, p. 310
CARVACI, P. : nr. 4, p. 167
CAZAC, C. : nr. 11, p. 549
CAZIMIROVICI, ELENA : nr. 1, p. 43
CÂRDU, M. : nr. 5, p. 199
CERNAHOSCHI, M. : nr. 10, p. 491
CHEREGI, GEORGETA : nr. 11, p. 549
CHICULESCU, R. : nr. 1, p. 13
CHIRIACESCU, M. : nr. 5, p. 262
CHIVU, V. : nr. 11, p. 549
CIOBANU, D. : nr. 2—3, p. 94

CIOBANU, I. : nr. 10, p. 508, p. 511
CIOCAN, O. : nr. 8, p. 387, p. 395
CIORĂU, P. : nr. 1, p. 33
CÎMPAN, M. : nr. 1, p. 31
CÎRSTEA, T. : nr. 6, p. 335
COBANU, FLORENTINA : nr. 11, p. 549
COJOCARU, ȘT. : nr. 2—3, p. 110
CONESCU, I. : nr. 6. p. 327
CONSTANTIN, FL. : nr. 10, p. 504
COSTACHE, M. : nr. 1, p. 33
CRAMARIUC, R. : nr. 11, p. 549
CRISTESCU, C. : nr. 6, p. 289
CRIȘAN, GABRIELA : nr. 4, p. 194, nr. 8, p. 414
CURIȚA, I. : nr. 9, p. 426

D

DĂMĂCEANU, ELENA : nr. 5, p. 247
DEHELEAN, D. : nr. 11, p. 521
DELEANU, LORENA : nr. 7—8, p. 377
DELIU, GH. : nr. 10, p. 482
DEMIAN, T. : nr. 9, p. 415, p. 442, p. 450
DINA, GH. : nr. 4, p. 185
DINESCU, MARIA : nr. 12, p. 602
DOBRA, H. : nr. 5, p. 266
DOBRE, V. : nr. 1, p. 13, p. 31
DOBRESCU, C. : nr. 11, p. 525
DOGARU, M. : nr. 5, p. 253, p. 258
DONCEA, M. : nr. 5, p. 221
DORIANU, E. : nr. 6, p. 292, p. 315, p. 323, p. 326
DORIN, Al. : nr. 1, p. 5, p. 17, p. 24
DOVAI, ELENA : nr. 1, p. 63
DRAGOȘ, L. : nr. 5, p. 247
DRĂGAN, I. : nr. 2—3, p. 101, nr. 4, p. 149
DRĂGHICI, I. : nr. 10, p. 491
DUMITRESCU, M. : nr. 12, p. 605, p. 616
DUMITRESCU, N. : nr. 9, p. 417
DUNCA, TR. : nr. 4, p. 155
DVORAC, V. : nr. 5, p. 221

E

ENCIU, G. : nr. 1, p. 5
ENESCU, N. : nr. 9, p. 455

F

FENDRIHAN, L. : nr. 5
FLEȘER, T. : nr. 11, p. 538
FLORICA, ELENA : nr. 5, p. 266
FORJE, AL. : nr. 6, p. 335, nr .11, p. 562
FORJE, IULIA : nr. 6, p. 335
FRUNZĂ, D. : nr. 6, p. 310

G

GARBAȘEVSCHI, C. : nr. 7—8, p. 368
GAVĂT, RODICA : nr. 12, p. 605
GĂLEȘANU, AL. : nr. 10, p. 499, p. 508, p. 511
GEORGESCU, M. : nr. 5, p. 262
GHEORGHIEȘ, C. : nr. 7—8, p. 387
GHERMAN, R. : nr. 2—3, p. 84
GIURGIU, ADRIANA : nr. 6, p. 295
GOLDHAMER, A. : nr. 1, p. 13
GOLDHAMER, MARIANA : nr. 1, p. 13
GRECU, D. : nr. 6, p. 321
GRECU, E. : nr. 9, p. 455
GRIBOVSCHI, D. : nr. 6, p. 292
GRIGORIU, TH. : nr. 7—8, p.383
GROVU, M. : nr. 10, p. 496
GRÜNWALD, E. : nr. 12, p. 608
GUJA, JENIȚA: nr. 10, p. 503

H

HAIDUC, C. : nr. 5, p. 225, p. 275
HARPĂU, GABRIELA : nr. 12, p. 578, p. 614
HARSANYI, IULIA : nr. 12, p. 608
HARSANYI, M. : nr. 12, p. 608
HERA, BUCUR, I. : nr. 2—3, p. 67, p. 136
HRISTESCU, C. : nr. 7—8, p. 401
HRISTESCU, GEORGETA : nr. 5, p. 266

I

IATAN, R. : nr. 7—8, p. 401
ILIE, DORINA : nr. 11, p. 549
ILIE, S. : nr. 11, p. 549
ILIUȚĂ, I. : nr. 12, p. 594
IONAȘEK, TH. ANDREI : nr. 5, p. 279
IONESCU, P. : nr. 5, p. 279
IONIȚĂ, CARMEN : nr . 12, p. 618
IONIȚĂ, D. : nr. 1, p. 39
IOSUB, GH. : nr. 1, p. 1, p. 59

J

JIPA, S. : nr. 11, p. 549
JONI, N. : nr. 11, p. 527

K

KISS, P. P. : nr. 1, p. 39
KOVACS, St.. : nr. 6, p. 315
KÖNIG, LILIANA : nr. 12, p. 602

L

LAMMERT, FR. : nr. 4, p. 158, p. 170
LAZĂR, H. : nr. 10, p. 504
LEOVEANU, I. : nr. 10, p. 482
LOGHIN, P. : nr. 1, p. 1
LUPUȘANSCHI, L. : nr. 6, p. 289
LUȚESCU, M. : nr. 10, p. 496

M

MACARIE, RODICA : nr. 5, p. 247, p. 266
MACOVEI, M. : nr. 10, p. 494
MAKOVI, GH. : nr. 2—3, p. 94
MANEA, D. : nr. 6, p. 335, nr. 11, p. 562
MARIN, GH. : nr. 7—8, p. 367, p. 398
MARINCOVICI, LAURA : nr. 10, p. 479
MARINESCU ANTOANETA : nr. 12, p. 573, p. 574
MARINESCU, R. F. : nr. 2—3, p. 114
MARTINESCU, I. : nr. 7—8, p. 390
MASTICI, G. : nr. 6, p. 306
MAZILU, V. : nr. 2—3, p. 110
MĂLĂESCU, D. : nr. 6, p. 292, p. 326
MĂLDĂRESCU, T. : nr. 5, p. 235
MĂRĂȘESCU, N. : nr. 12, p. 626
MEDVEȚCHI, CLEOPATRA : nr. 2—3, p. 114
MICU, C. A. : nr. 9, p. 426
MIHALCEA, I. : nr. 11, p. 549
MIHĂILESCU, M. : nr. 5, p. 216
MINEA, I. : nr. 5, p. 247
MIREA, MIOARA: nr. 5, p. 225
MIRON, T. : nr. 6, p. 306
MITOI, F. I. : nr. 5, p. 221
MIULESCU, P. : nr. 10, p. 494
MOCIREA, M. : nr. 6, p. 316
MOLDOVAN, V. : nr. 4, p. 178, nr. 6, p. 295, p. 316, p. 321
MOLDOVEAN, MONICA : nr. 10, p. 479, p. 488
MONAFU, S. : nr. 2—3, p. 110
MORARIU, MARIA : nr. 6, p. 335, nr. 11, p. 562
MOȚOIU, R. : nr. 1, p. 13, p.59
MUNTEANU, AL. : nr. 10, p. 508, p. 511
MUNTEANU, M. : nr. 10, p. 504

MUREȘAN, M. : nr. 4, p. 188
MÜLLER, I. : nr. 5, p. 258

N

NEAGU, A. : nr. 12, p. 618
NEAȚĂ, N. : nr. 6, p. 306
NEDELCU, ȘT. : nr. 6, p. 327
NICOARĂ, D. : nr. 7—8, p. 377, p. 387, p. 395
NISTOR, I. : nr. 5, p. 247, p. 266
NISTOR, L. : nr. 4, p. 149
NIȚU, C. : nr. 9, p. 442, p. 448
NIȚU, M. : nr. 2—3, p. 110
NOVINSCHI, V. : nr. 5, p. 210

O

OLARIU, C. : nr. 11, p. 531
OLARU, T. : nr. 2—3, p. 74
OLTEANU, RODICA : nr. 11, p. 549
OLTEANU, ȘT. : nr. 11, p. 549
OPREA, E. : nr. 4, p. 183
OPRESCU, TEODOSIA : nr. 6, p. 340

P

PANAITOPOL, H. : nr. 9, p. 459
PARASCAN, O. : nr. 4, p. 183
PASCU, A. : nr. 9, p. 415
PAU, V. : nr. 9, p. 431
PĂTRAȘCU, RODICA : nr. 12, p. 616
PĂUNOIU, V. : nr. 7—8, p. 377
PETRESCU, N. : nr. 10, p. 475, p. 499
PIRPILIU, M. : nr. 9, p. 455
PÎRLEA, GEORGETA : nr. 10, p. 504
POENARU, V. : nr. 12, p. 602
POMMERSHEIM, A. : nr. 9, p. 431
POP, AL. : nr. 10, p. 499
POP, ST. : nr. 6, p. 292
POPA, A. : nr. 5, p. 197
POPA, AL. : nr. 4, p. 165
POPA, CORINA : nr. 11, p. 549
POPA, GABRIELA : nr. 9, p. 451
POPESCU, BELARISA : nr. 12, p. 594
POPESCU, B. : nr. 10, p. 499
POPOVICI, T. : nr. 5, p. 210
POTÎNTEU, C. : nr. 2—3, p. 130
PRALEA, V. : nr. 2—3, p. 88
PRIDVORNIC, M. : nr. 4, p. 158
PRODAN, GH. : nr. 7—8
PUIUȚ, H. : nr. 6, p. 327
PURI, G. : nr. 9, p. 431

R

RADOVICI, O. : nr. 12, p. 594
RAICU, A. : nr. 9, p. 434
RAICU, F. : nr. 5, p. 258
RĂDULESCU, M. : nr. 6, p. 315, p. 320
RĂILEANU, V. : nr. 5, p. 216
REABOI, AL. : nr. 4, p. 188
ROBI, TEODORA : nr. 11, p. 549
ROMAN, LIANA : nr. 12, p. 581
ROȘCA, A. : nr. 7—8, p. 341, p. 368
ROȘCA, CĂTĂLINA : nr. 7—8, p. 362, p. 372

S

SACHIAN, A. : nr. 12, p. 614
SARAMET, C. : nr. 6, p. 295
SĂBĂDUȘ, D. : nr. 6, p. 310
SĂNDULESCU, S. : nr. 1, p. 43
SÂNGEORZAN, LIVIA : nr. 10, p. 479
SCĂRLĂTESCU, TATIANA : nr. 11, p. 549
SELEVET, V. : nr. 9, p. 442
SETNESCU, TANȚA : nr. 11, p. 549
SETNESCU, R. : nr. 11, p. 549
SIMIONUC, GABRIELA : nr. 12, p. 616
SIPOS, G. : nr. 4, p. 167
SISCHIN, E. : nr. 5, p. 247
SOARE, D. : nr. 11, p. 527
STANCIU, I. : nr. 10, p. 482, p. 485, p. 488
STANCU, MARIA : nr. 1, p. 13
STATE, D. : nr. 10, p. 496
STOENESCU, FL. : nr. 4, p. 188
STROE, N. : nr. 7—8, p. 362
STRUJAC, D. : nr. 6, p. 289
SZABO, C. : nr. 6, p. 295

Ș

ȘERBĂNESCU, R. : nr. 4, p. 183
ȘOIMOȘI, FR. : nr. 6, p. 315

T

TĂNASE, S. : nr. 4, p. 174
TĂTARU, N. : nr. 5, p. 253
TEODORESCU, A. : nr. 2—3, p. 68
TEODORESCU, M. : nr. 7—8, p. 362, p. 372, p. 377, p. 387, p. 395
TEODORIU, A. E. : nr. 4, p. 183
TOMESCU, D. : nr. 9, p. 434
TOTH, A. R. : nr. 11, p. 519
TOTH, J. : nr. 2—3, p. 99
TOTHEZAN, P. : nr. 1, p. 43
TOTHEZAN, SORINA : nr. 1, p. 43
TOTU, A. : nr. 9, p. 436
TROFIN, ILEANA : nr. 1, p. 39, nr. 11, p. 519
TRUȚĂ, T. : nr. 11, p. 542
TUDOR, D. : nr. 9, p. 448, p. 451
TURBATU, GH. : nr. 9, p. 448
TUREAC, I. : nr. 2—3, p. 104

Ț

ȚUȚUREA, M. : nr. 4, p. 178

U

ULMANU, V. : nr. 1, p. 49
URS, GR. : nr. 11, p. 531

V

VARGA, I. : nr. 11, p. 554, 558
VASILIU, A. : nr. 4, p. 151, p. 192, p. 195
VÂRGOLICI, R. : nr. 5, p. 205, p. 235
VEN, ȘT. : nr. 10, p. 482, p. 485
VERBIȚCHI, V. : nr. 11, p. 531
VERHOEFEN, U. : nr. 7—8, p. 412
VIȚELARU, N. : nr. 2—3, p. 114
VLAD, DOINA, VIRGINICA : nr. 6, p. 335, p. 562
VLAD, E. : nr. 7—8, p. 362
VLAD, M. F. : nr. 6, p. 335, p. 562
VOICU, A. : nr. 2—3, p. 122
VULCU, V. : nr. 6, p. 325
VUZA, I. : nr. 5, p. 221

Z

ZAHARIA, V. : nr. 12, p. 622
ZISSULESCU, ECATERINA : nr. 5, p. 286

W

WILLING, A. : nr. 12, p. 608

— Domenii de activitate ale I.N.M.T. —

1989 FEB 23

CERCETĂRI LUBRIFICAȚIE, TRIBOLOGIE, COMBUSTIBILI,

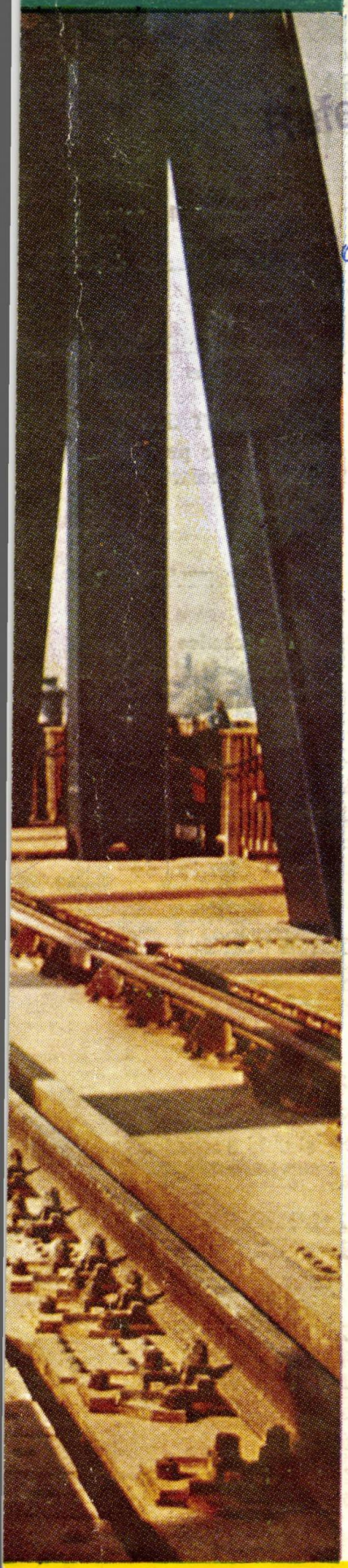
— **CERCETĂRI PROCESE ȘI ECHIPAMEN**
— **CERCETARE EXPERIMENTARE MOTOARE TERMICE**

PROGNOZĂ, TIPIZĂRI, NORME, BREVETE

— **MODELĂRI MATEMATICE ȘI REALIZĂRI DE PROGRAME**
— **PROIECTARE CERCETARE ȘI EXECU ASISTATĂ DE CALCULATOR**

MICROPRODUCȚIE DE STANDURI ȘI COMPONENTE

E3279



R

CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

- **ACOPERIRI DE PROTECȚIE**

BUCUREȘTI ■ XL ■ MARTIE ■ 1988

3

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ
pentru
INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

difuzează în anul 1988

materiale de informare despre realizări din țară și din străinătate privind preocupările actuale în domeniul construcțiilor de mașini, de ex.: programul energetic, valorificarea surselor proprii de materii prime, calitatea produselor, economisirea materiilor prime și reciclarea deșeurilor, productivitatea muncii etc.

Materialele sînt grupate în serii:

Simbolul	Denumirea seriei
	REALIZĂRI ALE CERCETĂRII ROMÂNEȘTI
RCM	Revista „Construcția de mașini"
ID	INFORMARE DOCUMENTARĂ asupra nivelului progresului tehnic pe plan mondial în industria construcțiilor de mașini
	Informări pentru cadre de conducere:
IDCM	Informare documentară în construcția de mașini
IDCM-C	Informare documentară în construcția de mașini — conjunctură
IDCM-E	Informare documentară în construcția de mașini-energie
IDCM-O	Informare documentară în construcția de mașini-organizare
IDCM-PM	Informare documentară pentru protecția muncii
	Informări pentru specialiști:
IDT	Informare documentară în turnătorii
IDTT	Informare documentară pentru tratamente termice
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări prin deformare plastică
IDS	Informare documentară pentru sudori
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări la rece
IDCC	Informare documentară pentru calitate și control
IDMK	Informare documentară pentru prognoză și marketing
IDAR	Informare documentară pentru automatizare, robotizare
IDRC	Informare documentară privind reducerea consumurilor de materiale și energie

Simbolul	Denumirea seriei
	SINTEZE DOCUMENTARE privind **nivelul tehnic pe plan mondial** în industria construcțiilor de mașini
SID	Noutăți în diverse domenii
	REALIZĂRI ALE UNITĂȚILOR MICM și MIUG
CO,	**Cataloage de fișe tehnice**
CTN,	de produse, tehnologii și mecanizări,
CMA,	automatizări autoutilări,
CA,	SDV-uri
PTN,	Realizări deosebite, omologări stan-
SE,	darde etc.
CSSM,	Realizări în sudare
RSM,	Echipamente de sudare
CES,	Produse tipizate, descrieri de
CTO, CT	tehnologii
	DOCUMENTE NORMATIVE
BI	**Buletinul intern MICM și MIUG**
NT	Normative tehnice
LPCM, R	Liste de prețuri în construcția de mașini, reduse
ITC	Indicatoare tarifare de calificare
NPM	Normative și ghid de protecția muncii în construcția de mașini
	MATERIALE DOCUMENTARE **în ajutorul proiectării și al producției**
	CERCETĂRI COMPLEXE DE INFORMARE ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ
CCIST-R și P	Cercetări retrospective și continui
SIDCM-A și B	Sistemul de informare documentară automatizat, pentru articole de revistă și brevete

CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI DE UTILAJ GREU
EDITOR : OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ANUL XXXX, 3 martie 1988

CUPRINS

Protecția suprafețelor metalice prin metode chimice și electrochimice

RADOVICI, O. :
POPESCU, BELARISA, ILIUȚĂ, I. : **Efectul de inhibiție a coroziunii în prezența unor săruri cuaternare de amoniu cu radical alifatic** 127

GRÜNWALD, E., HARSÁNYI, M., HARSÁNYI, IULIA, PÁSZTAI, ECATERINA : **Electrodepunerea aliajului de zinc-cobalt din electroliți acizi și compararea lui cu alte depuneri** 131

GUTT, GH., IVĂȘCAN, ȘT., GUTT, SONIA, GRAMATICU, M. : **Ductibilitatea depunerilor galvanice de nichel obținute în cîmp ultrasonor** 136

DINESCU, MARIA, DUICU, GEORGETA : **Metode rapide pentru determinarea elementelor componente ale electrolitului din care se depune aliajul Ni—Zn** 140

COMĂNESCU, V., MATEESCU, GH., **Automatizarea liniilor de acoperiri metalice** 142

GUTT, GH., IVĂȘCAN, ȘT., DIACONESCU, EM., GUTT, SONIA : **Contribuții la măsurarea tensiunilor interne în depuneri galvanice** 144

POPESCU, E., BRANDABUR, D., **Noi concepții constructive pentru mecanisme de transport, tamburi de galvanizare și centrifugă automată de uscare** 149

IVĂȘCAN, ȘT., BRANDABUR, FL., MARIA, APOSTOLESCU: **Unele posibilități de reducere a consumurilor de materiale și de energie în procesul de electrodepunere a cromului** 153

POPOVICI, D. : **Reducerea consumurilor energetice la instalațiile de protecție a suprafețelor prin vopsire** 157

POPESCU, A., TEODORESCU, GH., VELCESCU, C., POPLICHER, L. : **Tunele și cuptoare de uscare pentru pelicule de vopsea, cu randamente energetice optime, proiectate în I.C.T.C.M.** 167

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului Științific al Institutului Central pentru Construcții de Mașini

Redactor șef : ing. Teodosia Oprescu
Redactor : Șerban Teodorescu
Coordonatori : ing. Antoaneta Marinescu, dr. ing. Gabriela Crișan

SUMARE

CZ : 620.197

Radovici, O., Popescu, Belarisa: **Efectul de inhibiţie a coroziunii în prezenţa unor săruri cuaternare de amoniu cu radical alifatic**

S-a studiat comportarea la coroziune a oţelului OLC în HCl 10% în care se adaugă 10, 50, 75, 100 ppm de sare cuaternară de amoniu cu radical alifatic neramificat. Cu ajutorul metodei rezistenţei de polarizare s-a stabilit viteza de coroziune, eficienţa de inhibiţe şi grad de acoperire.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 3, 12 fig., 1 tab., 8 ref. bibl.

CZ : 621. 35/541.13 : 621.793 : 669.3

Grünwald, E., Harsányi, M., Harsányi, Iulia, Pásztai, Ecaterina: **Electrodepunerea aliajului de zinc-cobalt din electroliţi acizi şi compararea lui cu alte depuneri**

S-a studiat electrodepunerea aliajului zinc-cobalt dintr-un electrolit slab acid, cu particularizare la protecţia cheilor de contact şi de închizător buşon rezervor benzină de la autoturisme. S-au obţinut depuneri lucioase de aliaj Zn-Co care se cromatează uşor, cu o aderenţă perfectă şi o foarte mare rezistenţă la coroziune. Procedeul aplicat industrial prezintă numeroase avantaje economice şi ecologice..

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 3, 11 fig., 6 ref. bibl.

CZ : 621.357

Gutt, Gh., Ivăşcan, Şt., Gutt, Sonia, Gramaticu, M.: **Ductilitatea depunerilor galvanice de nichel obţinute în cîmp ultrasonor**

În prima parte a lucrării este prezentată problematica determinării ductilităţii depunerilor galvanice, iar în partea a doua sînt prezentate cercetările experimentale privind ductibilitatea depunerilor galvanice realizate în condiţii de ultrasonare a băii galvanice la diferite intensităţi ale cîmpului ultrasonor, în prezenţa şi în absenţa agentului de luciu acid naftalindisulfonic (AD).

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 3, 7 fig., 7 ref. bibl.

CZ : 541.13

Dinescu, Maria, Duicu, Georgeta: **Metode rapide pentru determinarea elementelor componente ale electrolitului din care se depune aliajul Ni-Zn**

Articolul prezintă metodele de analiză chimică cantitativă utilizate atît la controlul eiectrolitului de la depunerea aliajului nichel-zinc pe electrozii folosiţi la electroliza apei, cît şi a depunerii propriuzise. Aceste metode au fost impuse ca urmare a asimilării în ţară a electrozilor sus amintiţi precum şi de necesitatea unei corecţii rapide a electrolitului utilizat.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 3, 3 ref. bibl.

CZ : 621-25 : 621.793

Comănescu, V., Mateescu, Gh.: **Automatizarea liniilor de acoperiri metalice**

Referatul tratează problematica diversă a automatizării liniilor de galvanizare, sistemele de automatizare totală a liniilor de galvanizare şi a utilajelor şi instalaţiilor anexe acestora.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 3, 1 fig., 7 ref. bibl.

CZ : 621.3.08

Gutt, Gh., Ivăşcan, Şt., Diaconescu, Em., Gutt, Sonia: **Contribuţii la măsurarea tensiunilor interne la depuneri galvanice**

În lucrare se prezintă două tehnici de măsurare a tensiunilor interne în depuneri galvanice, precum şi aparatura adecvată acestui scop. Sînt prezentate de asemenea exemple de măsurare într-o baie de nichelare de tip Watt la diverse densităţi de curent.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 3, 9 fig., 10 ref. bibl.

CZ : 621.86/87 : 621.928.3 : 621.357

Popescu, E., Brandabur, D.: **Noi concepţii constructive pentru mecanisme de transport, tamburi de galvanizare şi centrifuga automată de uscare**

În lucrare sînt prezentate noile mecanisme de transport pentru linii de galvanizare automate, dotate cu motoare cu frînă relantizoare pentru acţionarea progresivă, fără şocuri, la deplasarea orizontală. Noua gamă tipizată de tamburi pentru galvanizare într-o construcţie modulară, din piese injectate în matriţă, asamblate demontabil, asigură o bună circulaţie a electrolitului, micşorarea curentului de depunere, mărirea productivităţii muncii, mărirea durabilităţii şi reducerea preţului de cost. Se prezintă şi ultimul model de centrifugă automată de uscare cu acţionare electrohidraulică sau electropneumatică care permite automatizarea întregului ciclu de funcţionare, inclusiv încărcarea şi descărcarea pieselor.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 3, 8 fig., 6 ref. bibl.

CZ : 669.268.7

Ivăşcan, Şt., Brandabur, Fl., Apostolescu, Maria: **Unele posibilităţi de reducere a consumurilor de materiale şi de energie în procesul de electrodepunere a cromului**

În lucrare se urmăreşte stabilirea unor căi posibile de reducere ale consumurilor de materii prime şi de energie, în instalaţiile de cromare. În acest scop s-a efectuat analiza procesului prin intermediul bilanţurilor de masă, termic şi de tensiuni Pe baza unor date experimentale, s-au calculat consumurile specifice de materiale, de energie termică şi de energie electrică.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 3, 6 tab., 4 ref. bibl.

CZ : 662.99 : 667.67

Popovici, D.: **Reducerea consumurilor energetice la instalaţiile de protecţia suprafeţelor prin vopsire**

Se expun diversele posibilităţi de reducere a consumurilor energetice pentru cabinele de vopsire şi tunelele de uscare pentru vopsitorii. Metodele de reducere sînt diferite de la caz la caz, ele putînd constitui un punct de plecare pentru diverse cercetări aplicative în domeniul abordat. Se impune aplicarea în viitor a sistemelor de recuperare cu schimbătoare de căldură cu tuburi termice, pentru cabinele de vopsire şi realizarea unor recuperatoare cu ardere catalitică, pentru arderea solvenţilor cuptoarelor de mare productivitate. Celelalte metode menţionate în material, stau la îndemîna proiectantului tehnolog, de utilaje şi a specialiştilor din exploatare, ducînd la economii importante pentru economia naţională, dacă sînt judicios aplicate.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 3, 13 fig., 5 tab., 7 ref. bibl.

CZ : 66.047 : 667.67

Popescu, A., Teodorescu Gh., Velcescu, C., Poplicher, L.: **Tunele şi cuptoare de uscare pentru pelicule de vopsea, cu randamente energetice optime, proiectate în I.C.T.C.M.**

Articolul cuprinde referiri la uscarea peliculelor de vopsea în etuvele de uscare şi recuperarea de căldură în instalaţiile de vopsire, etuvele de uscare, şi un studiu de bilanţ energetic cu şi fără recuperare de căldură la etuvele de uscare în cadrul unei linii de vopsire proiectate de I.C.T.C.M. Se prezintă ultimele noutăţi constructive vizînd reducerea consumurilor energetice pentru aceste instalaţii

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 3, 12 fig., 5 tab., 4 ref. bibl.

CONTENTS

DC : 620.197

Radovici, O., Popescu, Belarisa, Iliuță, I.: **Corrosion inhibition efect in the presence of some Quaternary ammonium salts with aliphatic radical**

It has been studied the behaviour at corrosion of the OLC steel in 10% HCL in which 10, 50, 75, 100 ppm of quaternary ammonium salt with aliphatic radical without ramification is added. By means of the polarization resistance method it has been determinated the corrosion speed, the inhibition efficiency and the coating amount.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 3, 12 figs., 1 tab., 8 bibl. paps.

DC : 621.35/541.13 : 621.793 : 669.3

Grünwald, E., Harsányi, M., Harsányi, Iulia, Pásztai, Ecaterina: **Zn—Co alloy electro-deposition from acid electrolytes and its comparison with other depositions**

There have been studied the Zn—Co alloy electro-deposition from a subacid electrolyte, with the characteristic to the protection of switching keys and plug fastener of cars fuel drum. There have been obtained bright depositions of Zn—Co alloy which can be easely chrome plated, with a perfect adhesion and a very high resistence to corrosion. The industrially applied process shows many economical and ecological advantages.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 3, 11 figs., 6 bibl. paps.

DC : 621.357

Gutt, Gh., Ivășcan, Șt., Gutt, Sonia, Gramaticu, M.: **The ductility of the nickel electroplating deposits obtained in ultrasound field**

In the first part of the paper, it is presented the problems of the electroplating deposits determination and, in the second part, there are presented the experimental researches on the ductility of the electroplating deposits carried out in electrolytic-bath ultrasound conditions at different ultrasound field intensities in the presence and absence of naphtalendisulphonic acid polishing agent (AND).

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 3, 7 figs., 7 bibl. paps.

DC : 541.13

Dinescu, Maria, Duicu, Georgeta: **Quick methodes for electrolyte elements determination which the Ni—Zn alloy is deposited from**

The paper shows the quantitative chemical analysis methods used to control both the electrolyte from Ni—Zn alloy deposition on the electrods used at the water electrolysis and the so-called deposition. These methods have been imposed as a result of the assimilation in our country of the above mentioned electrolytes, as well as of the necessity of a quick correction of the used electrolyte.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 3, 3 bibl. paps.

DC : 621-25 : 621.793

Comănescu, V., Mateescu, Gh.: **The automation of metal coating lines**

The paper presents the varied problems of the electroplating lines automation, the entire automation systems of the electroplating lines and the units and equipments addited to these.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 3, 1 fig., 7 bibl. paps.

DC : 621.3.08

Gutt, Gh., Ivășcan, Șt., Diaconescu, E., Gutt, Sonia: **Contributions at internal tension measurement for electrodepositions**

The paper presents two internal tension measurement techniques for electrodepositions, as well as the equipment needed for this purpose. There are also presented some examples of tension measurement in a Watt type Nickel plating bath.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 3, 9 figs., 10 bibl. paps.

DC : 621.86/.87 : 621.928.3 : 621.357

Popescu, E., Brandabur, D.: **New constructive conceptions for transport mechanisms, electroplating barrels and automated centrifugal drier**

The paper presents the new transport mechanisms for automated electroplating lines, endowed with retarding brake motors for progressive drive, without shocks, at horizontal motion. The new standard range of electroplating barrels in a modular structure, from matrix injected parts, removable assembled, provides a good electrolyte circulation, deposit current decrease, work productivity increasing, endurance increasing and cost value reduction. It is also presented the last type of automated centrifugal drier with electrohydraulic or electropneumatic drive, which allows the entire duty cycle to be automatized, the parts loading and unloading included.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 3, 8 figs., 6 bibl. paps.

DC : 669.268.7

Ivășcan, Șt., Brandabur, Fl., Apostolescu, Maria: **Some possibilities to reduce the materials and energy consumption in chromium electrodeposition process**

The paper has is view to establish some possible methode sto reduce the raw materials and energy consumption in the chromium plating plants. For this purpose, it has been carried out the process analysis by means of weight, thermal and voltage balance. On some experimental data basis, there have been calculated the specific consumptions of materials, thermal energy and electrical energy.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 3, 6 tabs., 4 bibl. paps.

DC : 662.99 : 667.67

Popovici, D.: **Power consumption reduction within installations for surface protection through painting**

There are presented various possibilities as regards the energetic consumption reduction in the painting cabins and drying tunnels for the painting shops. The reduction methods are different, they being, from case to case, a starting point for various applicative researches in the field dealt with. The future application of the recovery systems with heat exchangers having thermic tubes for painting cabins as well as the achievement of some recuperators with catalytic burning for solvents burning in high productivity ovens becomes essential. The other methods included in the paper lay close at hand for the technologue designer of equipments as well as for the operation specialists, their judicious usage leading to great savings for the whole national economy.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 3, 13 figs., 5 tab., 7 bibl. paps.

DC : 66.047 : 667.67

Popescu, A., Teodorescu, Gh., Velcescu, C., Poplicher, L.: **Paint films drying tunnels and ovens with optimum power efficiency, designed by I.C.T.C.M.**

The paper deals with references to the drying of varnishes and paint with heat recovery inside the drying ovens as well as a study regarding energy balance with and without heat recovery inside a drying oven on a painting line. There are presented the latest constructive and operational news as regards the lowering of energy consumption for these installations.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 3, 12 figs., 5 tabs., 4 bibl. paps.

SOMMAIRES

CD : 620.197

Radovici, O., Popescu, Belarisa, Iliuță, I. : **L'effet inhibitoire de la corrosion dans le présence de quelques sels quaternaires d'amonium à radical aliphatique**

On a étudié le comportement à la corrosion de l'acier OLC dans HCl (10%) dans lequel on met 10, 50, 75, 100 ppn de sel quaternaire d'amonium à radical aliphatique non ramifié. A l'aide de la méthode de la résistance de polarisation on a établi la vitesse de corrosion, l'efficience d'inhibition et le dégré de recouvrement.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 3, 12 fig., 1 tab., 8 réf. bibl.

CD : 621.35/541.13 : 621.793 : 669.3

Grünwald, E., Harsányi, M., Harsányi, Iulia, Pásztai, Ecaterina : **Electrodéposition de l'alliage de zinc—cobalt des électrolytes acides et sa comparaison avec autres dépositions**

On a étudié l'électrodéposition de l'alliage zinc—cobalt dans un électrolyte légèrement acide avec application industrielle pour la protection des elès de contact et de fermeture du bouchon du réservoir d'essence pour l'industrie automobile. Ont été obtenus des dépositions luisantes de l'alliage Zn—Co légèrement chromatées avec une adhérence parfaite et avec une grande résistance à la corrosion. Le procédé applique industriellement présénte des nombreux avantages économique et écologiques.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 3, 11 fig., 6 réf. bibl.

CD : 621.357

Gutt, Gh., Ivășcan, St., Gutt, Sonia, Gramaticu, M. : **La ductilité des dépôts galvaniques de nikel obtenus en champ ultrasonique**

Dans la première partie on présente le principe de la détermination de la ductilité des dépôts galvaniques et dans la deuxième les recherches expérimentales concernant la ductilité des dépôts galvaniques réalisés dans des conditions de differentes intensités du champ ultra-sonique du bain galvanique, dans la présence et l'absence de l'agent de brillantage acide naphtalène-disulfonique (AND).

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 3, 7 fig., 7 réf. bibl.

CD : 541.13

Dinescu, Maria, Duicu, Georgeta : **Des méthodes rapides pour la détermination des éléments composants de l'électrolyte, de la composition duquel se dépose l'alliage Ni—Zn**

L'article présente les méthodes d'analyse chimique quantitative, utilisées pour le contrôle de l'électrolyte résultant pendant la déposition de l'alliage nickel—zinc aux électrodes, utilisées, pendant l'électrolyse de l'eau, ainsi que pendant le procèe de déposition proprement dit. Ces méthodes ont démontré leur utilité à la suite de l'asimilation dans notre pays des électrodes mentionés avant, ainsi que pour une correction rapide de l'électrolyte utilisé.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 3, 3 réf. bibl.

CD : 621-25 : 621.793

Comănescu, V., Mateescu, Gh. : **L'automatisation des lignes de recouvrement métalliques**

L'article met en évidence l'ensemble des divers problèmes et systèmes de l'automatisation partielle et totale des lignes de galvanisation et aussi des outillages et des installations annexes à ceux-ci.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 3, 1 fig., 7 réf. bibl.

CD : 621.3.08

Gutt, Gh., Ivășcan, St., Diaconescu, Em., Gutt, Sonia : **Contribution à la mesure des tensions internes pendant les dépôsitions galvaniques**

On présente dans cet article deux techniques de mesure des tensions internes dans des dépôts galvaniques, ainsi que l'appareillage destiné à ce but. On donne aussi des exemples de determination pour un bain de nickelage de type Watt pour diverses densités de courant.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 3, 9 fig., 10 réf. bibl.

CD : 621.86/.87 : 621.928.3 : 621.357

Popescu, E., Brandabur, D. : **Nouvelles conceptions constructives pour les mécanismes de transport, pour les tambours de galvanisation et centrifuges automates de séchage**

Dans l'article sont présentés des nouveaux mécanismes de transport pour des ligne automates de galvanisation, dotées avec des moteurs à frein ralentisseurs, pour le fonctionnement continue sans chocs pendant le déplacement horizontal. La nouvelle gamme standardisée de tambours pour galvanisation dans une construction modulaire, formée d'éléments injectés en coquille (ensemble en construction demontable), assure une bonne circulation de l'électrolyte, la diminution du courant de dépôt, la criossance de la productivité du travail, la croissance de la durabilité et la baisse du prix. On présente aussi le dernier modèle de centrifuge automate de séchage à commande électrohydraulique ou électropneumatique, qui permet l'automatisation du cycle entier de fonctionnement, y compris l'allimentation et l'évacuation des pièces.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 3, 8 fig., 6 réf. bibl.

CD : 669.268.7

Ivășcan, St., Brandabur, Fl., Apostolescu, Maria : **Quelques possibilités de réduction des consommations materiels et énergique pendant le procès d'électro-déposition du chrome**

On envisage dans cet article la stabilisation des voies possibles de réduction des consommation des matières premières et de l'énergie dans les installatios de chromage. Dans ce but a été effectuée l'analyse du processus par l'intermède des bilans massiques thermiques et de tensions. A l'aide des données expérimentales ont été calculées les consommations spécifiques des matériaux, de l'énergie thermique et électrique.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 3, 6 tab., 4 réf. bibl.

CD : 662.99 : 667.67

Popovici, D. : **La réduction des consommations énergetiques aux installations de protection des surfaces par peinture**

On expose les diverses possibilités de réduction des consommations énergetiques pour les cabines de peinture et les étuves à tunel. Les méthodes de réduction sont diverses, d'un cas à l'autre et constituent un point de départ pour diverses recherches applicatives dans le domaine abordé. Pour l'avenier on prévoit l'application des systèmes de récuperation à échangeur de chaleur, à tuyaux thermiques, pour les cabines de peinture et la réalisation de quelques récuperateurs à combustion catalitique, pour les solvants des fours de grande productivité. Les autres méthodes mentionées ici peuvent être utilisées par le technologue d'outillages et les spécialistes du domaine d'exploitation, conduisant à des importantes économies, si elles sont judicieusement appliquées.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 3, 13 fig., 5 tab., 7 réf. bibl.

INHALTSVERZEICHNIS

DK : 620.197

Radovici, O., Popescu, Belarisa, Iliuță, I. : **Verminderung der Korrosionswirkung in Anwesenheit einiger quaternären Ammoniumsalze mit aliphatischem Radikal**

Es wurde das Korrosionsverhalten des OLC — Stahls in 10% HCL — Lösung mit Zusatz von 10, 50, 75, 100 ppm quaternärem Ammoniumsalz mit aliphatischen Radikal Uberprüft. Mit Hilfe der Polarisationswiderstandmethode wurde die Korrosionsgéschwindigkeit, die Wirksamkeit der Korrosion und der Beschichtungsgrad bestimmt.

Constructia de mașini, 40 (1988), Nr. 3, 12 Bild., 1 Taf., 8 Lit.

DK : 621.35.541.13 : 621.793.669.3

Grünwald, E., Harsányi, M., Harsányi, Iulia, Pásztai, Ecaterina : **Elektroabscheidung der Zn—Co — Legierung aus saueren Elektrolyten und deren Vergleich mit anderen Abscheidungen**

Es wurde die Abscheidung der Zn—Co — Legierung aus einem schwach saueren Elektrolyten zum Schutz der Kontaktschlüsseln und der Verschlussstopfer für PKW — Benzinbehälter studiert. Es wurden Zn—Co — Glanzschichten abgeschieden, die leicht zu chromatieren sind, und zugleich eine einwandfreie Beindungsfestigkeit und einen hohen Korrosionswiderstand aufweisen. Das industriell angewandte Verfahren bringt zahreiche ökonomische und ökologische Vorteile mit.

Constructia de mașini, 40 (1988), Nr. 3, 11 Bild., 6 Lit.

DK : 621.357

Gutt, Gh., Ivășcan, Șt., Gutt, Sonia, Gramaticu, M. : **Die Duktilität der Galvanischen Nickelabscheidungen die in einem Ultraschallfeld erhalten wurden**

Im ersten Teil der Arbeit wird die Problematik der Duktilität sowie deren Messung bei galvanischen Alscheidungen vorgetragen. Im zweiten Teil werden die experimentellen Forschungsergebnisse gezeigt welche sich auf die Duktilitätsveränderungen bei verchiedenen Ultraschall Stärken beziehen. Es wurde sowohl mit Glanzmittel (AND) als auch ohne Glanzmittel bearbeitet.

Constructia de mașini, 40 (1988), Nr. 3, 7 Bild., 7 Lit.

DK : 541.13

Dinescu, Maria, Duicu, Georgeta : **Rapide Methoden zur Bestimmung der Komponenten des Abscheideelektrolyten für die Ni—Zn — Legierung**

Der beitrag beschreibt die Methoden der quantitativen chemischen Aalyse, die sowohl zur Elektrolytenkontrolle bei der Abscheidung der Ni—Zn — Legierung auf die zur Wasserelektrolyse verwendeten Elektroden, als auch der eigentlichen Abscheidung. Diese Methoden haben sich infolge der innländischen Assimilierung obiger Elektroden, sowie der Forderung nach einer rapiden Korekktion des verwendten Elektrolytes bewährt.

Constructia de mașini, 40 (1988), Nr. 3, 3 Lit.

DK : 621-25 : 621.793

Comănescu, V., Mateescu, Gh. : **Automatisierug der Metallbeschichtungslinien**

Der Beitrag behandelt verschiedene Probleme der Automatisierung der Galvanisierlinien, der kompletten Automatisiersysteme der Galvanisierlinien und der Ausrüstungen und Zusatzanlagen derselben.

Constructia de mașini, 40 (1988), Nr. 3, 1 Bild., 7 Lit.

DK : 621.3.08

Gutt, Gh., Ivășcan, Șt., Diaconescu, Em., Gutt, Sonia : **Beiträge zur Messung der Eigenspannungen der galvanischen Niederschlägen**

Die Arbeit beschreibt zwei verschiedene Verfahren zum Messung der Eigenspannungen der galvanischen Niederschläge, sowie die dazu gebaute Apparatur. Auf diesem Grunde werden die aus einem Watt-Vernickdungsbad erzielten Messergebnisse angegeben.

Constructia de mașini, 40 (1988), Nr. 3, 9 Bild., 10 Lit.

DK : 621.86/.87 : 621.928.3 : 621.357

Popescu, E., Brandabur, D. : **Neue Konzeptionen auf dem Gebiet der Konstruktion der Fördermechanismen, Galvanisiertrammeln und der Automaten Trockungszentrifuge**

Der Bietrag beschreibt die neuen Fördermechanismen mit Motoren mit Verzögerungsbremse für den Stossfreien Antrieb bei der horizontalen Bewegung der automate Galvanisierlinien. Die neue typisierte Galvanisiertrommelreihe modulären Konstruktion aus Matrizenspritzteilen sichert einen einwandfreien Elektrolytkreislauf. die Reduzierung des Abscheidestroms, die Steigerung der Arbeitsproduktivität und die Reduzierung des Kostenpreises. Zugleich wird auch das letzte Modell einer automaten elektrohydraulisch — oder pneumatisch betätigten Trocknungszentrifuge dargestellt, die Automatisierung des gesamten Prozesses, einschliesslich Teilebeladen — und Entladen gewährleistet.

Constructia de mașini, 40 (1988), Nr. 3, 8 Bild., 6 Lit.

DK : 669.268.7

Ivășcan, Șt., Brandabur, Fl., Apostolescu, Maria : **Reduzierung des Energie — und Materialverbrauchs in der Cr — Elektroabscheidung**

Der Beitrag zeigt einige Möglichkeiten zur Reduzierung des Werkstoff — und Energieverbrauchs der Verchromungsanlagen. Zu diesem Zwech wurde die Prozessanalyse durch die Massen, Spannung — und thermische Bilanz durchgeführt. Aufgrund von Versuchsangaben wurde der spezifische Material, — Energie — und Stromverbrauch berechnet.

Constructia de mașini, 40 (1988), nr. 3, 6 Taf., 4 Lit.

DK : 662.99 : 667.67

Popovici, D. : **Reduzierung des Energiebedarfs der Lackieranlagen zwecks Oberflächenschutz**

Es werden verschiedene Möglichkeiten zwecks Reduzierung des Energieverbrauchs der Färbungskabinen und Trocknungstunnele dagestellt. Die angewendeten Reduziermethoden sind in Abhängigkeit von dem Anwendungsfall verschieden, und sie können zugleich den Ausgangspunkt für verschiedene Forschungen auf obigem Gebiet sein. Für die Zukunft empfiehlt, sich die Anwendung der Rückgewinnsysteme mit Wärmeaustauschern mit Thermoröhren für Färbungskabinen und die Realisierung einiger Rückgewinnanlagen mit Kathalitischer Brennung der Lösungsmitteln aus Öfen hoher Produktivität. Die anderen aufgeführten Methoden stehen zur Verfügung des Technologie — und Ausrüstungsprojektantes und der Betriebspeziallisten, und deren zwecksmässige Anwendung bringt erhebliche Einsparungen in der Nationalwirtschaft.

Constructia de mașini, 40 (1988), Nr. 3, 13 Bild., 5 Taf., 7 Lit.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК : 620.197

Радович, О., Попеску, Белариса, Илиуцэ, И. : *Ингибиторный эффект коррозии в присутствии отдельных четвертичных систем солей аммония с алифатическим радикалом*

Исследовано поведение стали OLC к коррозии в HCl 10% на котором добавляются 10, 50, 75, 100 частей на миллион четвертичных систем солей аммония с неразветвленным алифатическим радикалом. С помощью метода сопротивления сетки определено коррозионная скорость, эффективность ингибирования и степень покрытия.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 3, 12 фиг., 1 таб., 8 лит.

ДК : 621.35/541.13 : 621.793 : 669.3

Грюнвальд, Е., Харсани, М., Харсани, Юлия, Пастай, Екатерина : *Электроосаждение цинк-кобальт сплава из кислого электролита и его сравнение с другими осаждениями*

Исследовали электроосаждение цинк-кобальт сплава из слабо кислого электролита с применением при защите ключа выключателя зажигания и запоре пробки бензинового бака легкового автомобиля. Были получены блестящие осаждения Zn-Co сплава, которые легко хромируются, и имевт совершенное прилипание и очень хорошую коррозийную стойкость. Применяемый промышленный способ имеет многочисленные экономические и экологические преимущества.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 3, 11 фиг., 6 лит.

ДК : 621.357

Гутт, Г., Ивэшкан, Ш., Гутт, Сония, Граматику, М. : *Тягучесть гальванических осаждений никеля, полученных в ультразвуковом поле*

В первой части работы представлена проблематика определения тягучести гальванических осаждений, а во второй части представлены экспериментальные исследования тягучести гальванических осаждений, полученных в условиях ультразвуков гальванической ванны при разных напряжениях ультразвукового пола в присутствии и в осутствии глянцевого средства нафталиндисульфоновой кислоты (AND).

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 3, 7 фиг., 7 лит.

ДК : 541.13

Динеску, Мария, Дуйку, Джеорджета : *Скоростные методы для определения составных элементов электролита из которых осаждается Ni-Zn Сплав*

Статья представляет методы количественного химического анализа, применяемые при контроле электролита от осаждения сплава никельцинка на электродах, употребляемых на электролизе воды, в также на собственнем осаждении. Данные методы являются необходимыми при освоении в стране вышеуказанных электродов, а также для скоростной поправки применяемого электролита.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 3, 3 лит.

ДК : 621—25 : 621.793

Комэнеску, В., Матееску, Г. : *Автоматизация линий для металлических покрытий*

Доклад трактует разнообразную проблематику автоматизации линий для гальванизации, систем полной автоматизации линий для галванизации, оборудования и его дополнительных установок.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 3, 1 фиг., 7 лит.

ДК : 621.3.08

Гутт, Г., Ивэшкан, Ш., Диаконеску, Е., Гутт, Сония : *Вклад в измерении внутренных напряжений в гальванических осаждениях*

В работе представляются две техники измерения внутренних напряжений в гальванических осаждениях, а также аппаратура соответствующая данной цели. Также представляются примеры измерения в ванне для никелирования типа Ватт при разных плетностях тока.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 3, 9 фиг., 10 лит.

ДК : 621.86/.87 : 621.928.3: 621.357

Попеску, Е., Брандабур, Д. : *Новые конструктивные решения транспортных механизмов, барабанов для гальванизации и автоматической центрифуги усушки*

В работе представлены новые транспортные механизмы для автоматических линий гальванизации, оснащенные со замедляющими тормозами прогрессивного привода, без ударов при горизонтальном передвижении. Новая типизированная гамма барабанов для гальванизации в конструкции по модулям, из деталей нагнетаемых в штампе, собранные разборными, обеспечивает хорошую циркуляцию электролита, снижение тока осаждения, повышение производительности труда, повышение долговечности и снижение себестоимости. Представляется и последняя модель автоматической центрифуги усушки с электрогидравлическим или электропневматическим, приводом, позволяющий автоматизацию всего цикла работы, включая погрузку-разгрузку деталей.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 3, 8 фиг., 6 лит.

ДК : 669.268.7

Ивэшкан, Ш., Брандабур, Ф., Апостолеску, Мария : *Некоторые возможности снижения материальных затрат и энергии в процессе электроосаждения хрома*

В работе имеется в виду определение новых возможных путей снижения затрата сырья и энергии в установках для хромирования. С этой целью проанализировали процесс с помощью массового, термического баланса и баланса напряжения. На основе испытательных данных были расчитаны удельные расходы материалов, термо- и электроэнергии.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 3, 6 таб., 4 лит.

CD : 66.047 : 667.67

Popescu, A., Teodorescu Gh., Velcescu, C., Poplicher, L.: **Tunnels et fours de séchage pour des pellicules de vernis à rendements énergetiques optimes projeteés par I.C.T.C.M.**

L'article comprendre des références en ce qui concerne le séchage des pellicules de vernis et peintures dans les fours de séchage, ainsi qu'un étude de bilan énergétique avec et sans recupération de chaleur dans un four de séchage dans le cadre d'une ligne de peinture. On présente les dernières nouveautés constructives et fonctionalles visant les consommations énergétiques pour ces installations.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 3, 12 fig., 5 tab., 4 réf. bibl.

DK : 66.047 : 667.67

Popescu, A., Teodorescu Gh., Velcescu, C., Poplicher, L.: **Trocknungsöfen — und Tunnele für Lackfilme mit optimalen Energieleistungen projektiert von I.C.T.C.M.**

Die Arbeit enthält Beiträge auf dem Gebiet der Trocknung der Farb — und Lackfilme, der Wärmerückgewinnung aus den Trocknungsöfen, sowie eine Analyse der Energiebilanz mit und ohne Wärmerückgewinnung an einen Ofen im Rahme einer Lackierstrasse. Es werden die neuesten Kostruktions — und Funktionsentwicklungen zwecks Reduzierung des Energiebedarfs solcher Anlagen dargestellt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 3, 12 Bild., 5 Taf., 4 Lit.

ДК :662.99 : 667.67

Попович, Д.: *Снижение энергетического расхода установок для защиты поверхностей крашением*

Представляются возможности снижния энергетического расхода для окрашивающих кабин и туннелей сушки для красилень. Методы снижения бывают разными от случая к случаю и они могут быть пунктом разных применимых исследований в данной области. В будущем является необходимым применение систем восстановления с теплообменниками с термическими трубами для окрашивающих кабин, и создание восстановителей с каталитическим горением, для горения растворителей печей большой производительности. Остальные указанные в материале методы являются под рукой проектировщика технолога оборудования и специалистов в эксплуатации производства, что ведет к значительной экономии для народного хозяйства, только при условии их разумного применения.

Construcţia de maşini, 40 (1988), н. 3, 13 фиг., 5 таб., 7 лит.

ДК: 66.47: 667.67

Попеску, А., Теодореску, Г., Велческу, К., Поплихер, Л.: *Туннели и печи для сушки лакокрасочных пленок с оптимальным энергетическим КПД запроектированные ИЧТЧМ*

Работа содержит информации относительно сушки лакокрасочных пленок в печах и рекуперации тепла в сушильных печах как и данные в связи с энергетическим балнсом с и без рекуперации тепла в сушильной печи для окрасочных линий. Работа представляет последние строительные и функциональные новости в связи с уменьшением энергетических расходов для этих устройств в С.Р.Р.

Construcţia de maşini, 40 (1988), н. 3, 12 фиг., 5 таб., 4 лит.

ATTENTION!

Foreign readers can subscribe through ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex: 10376 prsfir, Bucureşti, Calea Griviţei nr. 64—66.

ACHTUNG!

Ausländische Leser können sich abonnieren durch ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex: 10376 prsfir, Bucureşti, Calea Griviţei nr. 64—66.

ATTENTION!

Les lecteurs étrangérs de la revue pourront prendre des abonaments par ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex: 10376 prsfir, Bucureşti, Calea Griviţei nr. 64—66.

ВНИМАНИЕ!

Читатели иностранных стран могут абонироваться при ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex: 10376 prsfir, Bucureşti, Calea Griviţei nr. 64—66.

Revista „CONSTRUCŢIA DE MAŞINI", organ al Ministerului Industrei Construcţiilor de Maşini din Republica Socialistă România. Redacţia la: Oficiul de informare documentară pentru industria construcţiilor de maşini, cu sediul în Bucureşti, Calea Victoriei, 133, sector I, telefon 50.31.30; sau 59.71.35. Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament ICTCM, 30.16.7.01.01 B.N.—R.SR.. filiala sector IV sau prin mandat poştal la ICTCM, şos. Olteniţei nr. 105, Bucureşti, sector 4, pentru revista „Construcţia de maşini". Tarif: 150 lei anual. Costul unui exemplar: 12,50 lei. Index D.E.P. 41023

Tiparul: Tipografia „Ploieşti" str. Transilvaniei, nr. 29.

I. C. T. C. M.

principalele domenii de activitate

1 Prelucrări Mecanice

Linii de prelucrare cu manipulare automată ;
sisteme complexe de fabricație ;
scule și dispozitive speciale ;
instalații de colectare a șpanului.

2 Prelucrări prin Tehnologii Neconvenționale

Tehnologii și utilaje pentru prelucrări prin :
electroeroziune ;
electrochimie ; debavurare electrochimică ;
laser ;
ultrasunete ;
fascicul de electroni.

3 Ștanțare și Deformări Plastice la Rece

Tehnologii și utilaje speciale de ștanțare ;
ștanțe complexe ;
tehnologii și scule speciale pentru deformări la rece ;
dispozitive automate de alimentare și transfer pentru prese.

4 Tratamente de Suprafață

Tehnologii, echipamente tipizate și sisteme complexe pentru :
spălarea pieselor ;
pregătirea suprafețelor prin alicare ;
acoperiri metalice ;
acoperiri prin vopsire.

5 Manipularea Automată

Sisteme cu roboți industriali ;
manipulatoare industriale ;
tehnologii și dispozitive de manipulare.

6 Montaj

Tehnologii de montaj mecanizat și automatizat ;
mașini și linii de montaj cu diferite grade de mecanizare și automatizare ;
echipamente pentru montajul selectiv ;
componente tipizate pentru sisteme de montaj.

7 Control Activ Interoperațional și Final

Mașini specializate de măsură și control ;
tehnologii și echipamente de control dimensional ;
cercetări de fiabilitate pentru echipamente mecanice.

8 Transportul Pneumatic Containerizat

Tehnologii și echipamente pentru transportul materialelor pulverulente, granulate și în vrac.

9 Organe de Mașini de Uz General

Studii și tipizări de angrenaje și mecanisme de acționare ;
cercetarea și proiectarea de reductoare, motoreductoare, variatoare de turație, cuplaje, ambreiaje și torpedouri de uz general și construcții speciale ;
atestarea prin expertize a parametrilor funcționali și a fiabilității organelor de mașini și mecanismelor funcționale ;
tribologie, studiul frecării și ungerii ;
studiul zgomotelor și vibrațiilor ;
folosirea materialelor noi în construcții de mașini.

10 Proiectarea Asistată de Calculator

Sisteme pentru pregătirea tehnologică a fabricației asistată de calculator pentru serii mici și mijlocii.

Elaborarea de pachete de programe :

— LIPCON — Programarea mașinilor-unelte cu comandă numerică ;
— LIPFOG — Elaborarea semiautomată a planurilor de croire table ;
— proiectarea constructivă asistată de calculator.

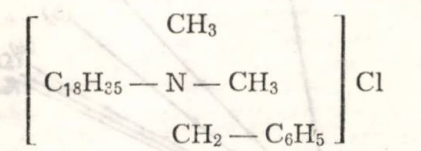
Exploatarea curentă pe echipamente din dotare (calculator, masă de desenat).

CZ : 620.197

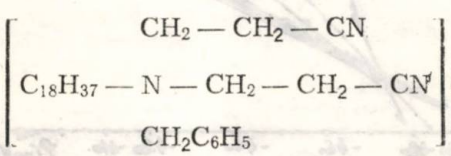
Efectul de inhibiție a coroziunii în prezența unor săruri cuaternare de amoniu cu radical alifatic *

Prof. dr. doc. Octavian **RADOVICI**, dr. chim. Belarisa, **POPESCU**, ing. Ion **ILIUȚĂ** — Institutul Politehnic București

S-a urmărit eficiența de inhibiție a două săruri cuaternare de amoniu cu radical alifatic neramificat, saturat cu formula :



III



IV

Modul de lucru

S-a urmărit determinarea curentului de coroziune, vitezei de coroziune și eficienței de inhibiție, precum și factorii ce influențează adsorbția sărurilor cuaternare III și IV pe oțelul OLC de compoziție 0,12% C ; 0,55% Al și 0,02% Si, în soluții de HCl 10%, la temperatura de 25°C ; 50°C și 70°C. S-au trasat curbele de polarizare cu viteza de baleiere 10 mv/minut, folosind condițiile și tehnica de lucru din articolul precedent (fig. 1, 2, 3).*

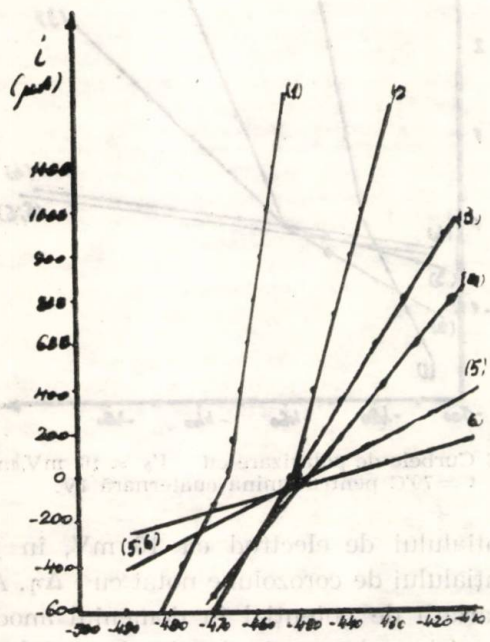


Fig. 1 Curbele de polarizare cu $V_b = 10$ mV/min la $t = 25$°C pentru amina cuaternară III.

Rezultate și discuții

Pentru analiza sărurilor cuaternare de amoniu III și IV, în calitate de inhibitor asupra oțelului OLC în soluții de HCl 10%, cu ajutorul metodei rezistenței de polarizare, calculată din

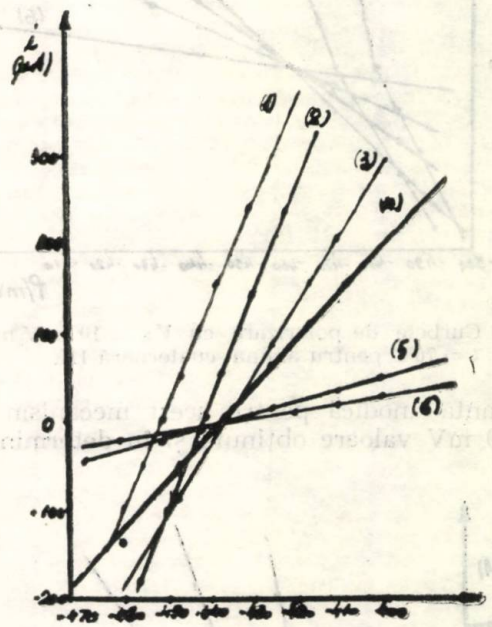


Fig. 2 Curbele de polarizare cu $V_b = 10$ mV/min la $t = 50$°C pentru amina cuaternară III.

curbele de polarizare anodice și catodice (fig. 4, 5, 6) ; s-a avut în vedere că mecanismul electrochimic al coroziunii fierului în HCl prezintă o pantă catodică b_c cu o valoare egală 0,110 mV. Pentru această valoare a pantei, reacția catodică de reducere a ionului de hidrogen are loc în două etape [2] :

$$H^+ + e^- \rightarrow H_{ads}, \qquad (1)$$

$$H_{ads} + H_{ads} = H_2, \qquad (2)$$

*) Partea I-a a acestui material a apărut în „Construcția de mașini", nr. 12/1987.

unde prima etapă este determinată de viteză. Pentru dizolvarea anodică se adoptă mecanismul de reacție următor [3, 4] :

$$Fe + H_2O \rightleftharpoons Fe\ (OH)_{ads} + H^+ + e^- \quad (3)$$

$$Fe\ (OH)_{ads} \rightleftharpoons FeOH^+ + e^-, \quad (4)$$

$$FeOH^+ + H^+ \rightleftharpoons Fe^{+2} + H_2O, \quad (5)$$

unde etapa determinată de viteză este etapa (4)

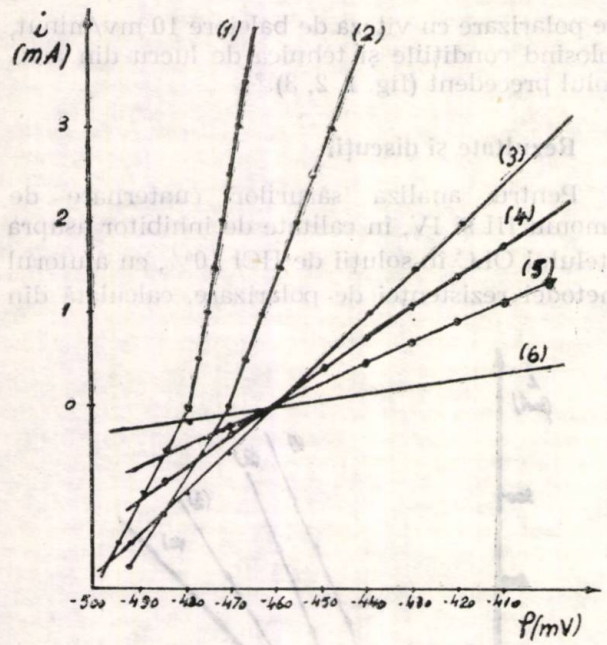


Fig. 3 Curbele de polarizare cu $V_b = 10$ mV/min la $t = 70$°C pentru amina cuaternară III.

Panta anodică pentru acest mecanism este de 40 mV valoare obținută și în determinările

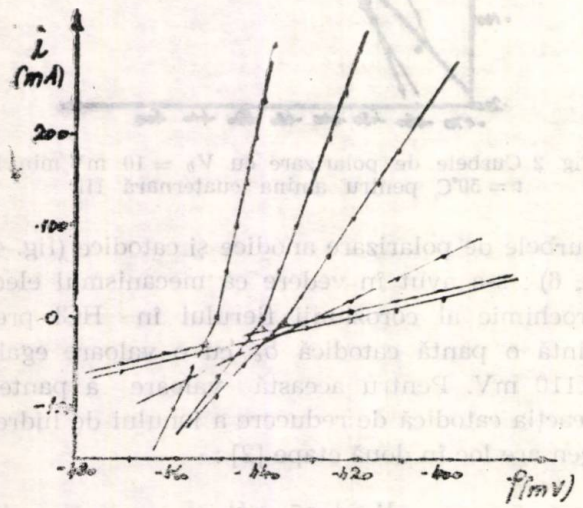


Fig. 4 Curbele de polarizare cu $V_b = 10$ mV/min la $t = 25$°C pentru amina cuaternară IV.

experimentale efectuate. Pentru aspecte legate de adsorbția inhibitorilor de coroziune, s-a ținut seama de completările făcute de Kelly [5], mecanismului Bockris :

$$Fe + H_2O \rightleftharpoons Fe\,(H_2O)_{ads} \quad (6)$$

Reacția (6) nu modifică parametrii cinetici, dar ține cont de absorbția apei la interfața me-

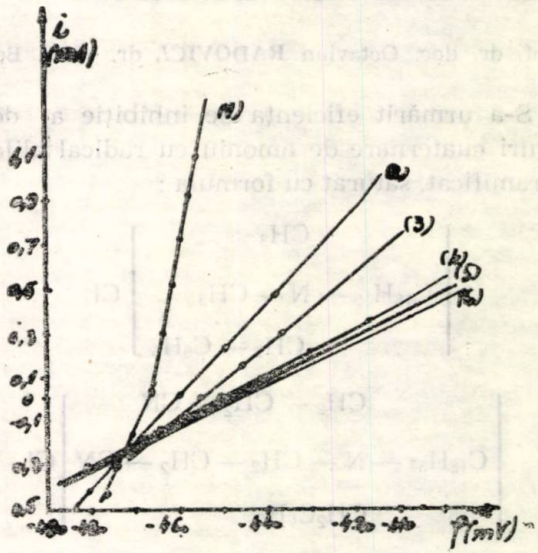


Fig. 5 Curbele de polarizare cu $V_b = 10$ mV/min la $t = 50$°C pentru amina cuaternară IV.

tal-soluție HCl. Determinarea curentului de coroziune cu ajutorul rezistenței de polarizare, s-a obținut considerînd o modificare a valorii

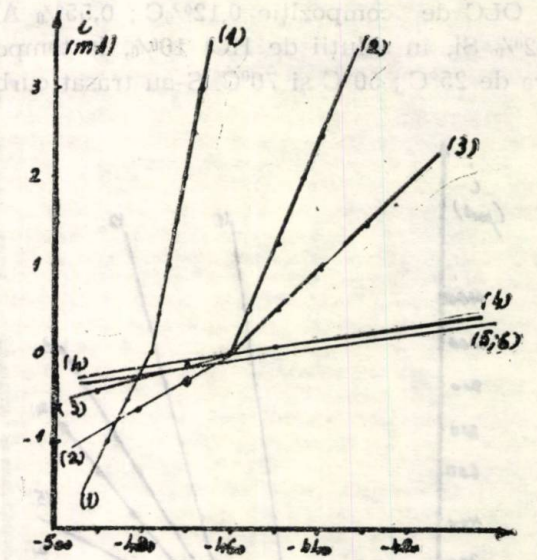


Fig. 6 Curbele de polarizare cu $V_b = 10$ mV/min la $t = 70$°C pentru amina cuaternară IV.

potențialului de electrod cu 10 mV, în jurul potențialului de corozoiune notat cu $\Delta\eta$. Acestei variații de potențial în domeniul anodic îi corespunde valoarea i_a, iar în domeniul catodic o valoare i_c.

Astfel :

$$i_{cor} = \frac{1}{R_{po1}} \left(\frac{b_a \cdot b_c}{b_a + b_c} \right) \text{ unde } R_p = \left(\frac{\Delta \eta}{\Delta i} \right) \varphi_{cor}$$

Cu ajutorul curentului de coroziune s-a calculat viteza de coroziune :

$$V_{cor} = \frac{3600 \cdot 55{,}8 \cdot i_{cor}}{2 \cdot 96500\, S}$$

unde S reprezintă suprafața expusă.

Caracteristica principală a unui inhibitor de coroziune, mai ales din punct de vedere practic, este eficiența de inhibiție definită conform relației :

$$\theta[\%] = 1 - \frac{V'_{cor}}{V_{cor}}$$

unde V și V' sînt vitezele de coroziune în absența inhibitorilor și respectiv în prezența acestuia.

Pentru coroziunea fierului, gradele de acoperire θ ale suprafeței metalului cu sare cuaternară de amoniu sînt proporționale cu eficiențele de inhibiție.

Gradele de acoperire au fost evaluate cu ajutorul relației :

$$\theta = 1 - \frac{V'_{cor}}{V_{cor}}$$

Proprietățile de inhibiție ale sărurilor de amoniu cuaternare III și IV sînt puse în evidență prin scăderea curenților și a vitezelor de coroziune, calculate cu ajutorul metodei rezistenței de polarizare (fig. 7), precum și prin creșterea eficienței de inhibiție a procentului de coroziune.

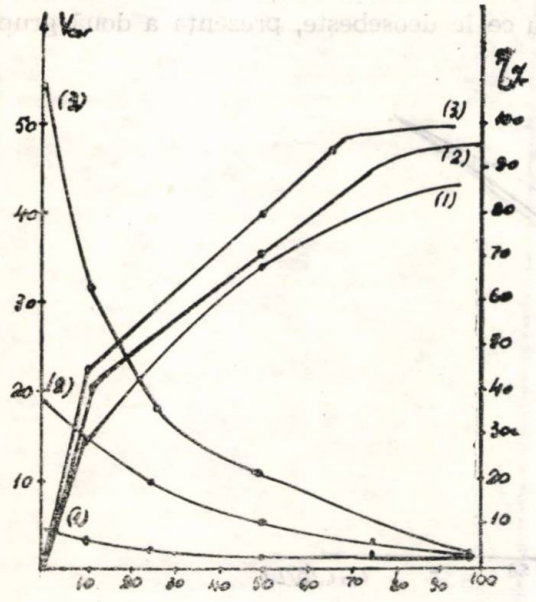


Fig. 7 Variația V_{cor} și eficiența pentru compusul III $t = 25, 50$ și 70°C.

În figura 8 se reprezintă dependența eficienței de inhibiție și a vitezei de coroziune de logaritmul concentrației în sare cuaternară.

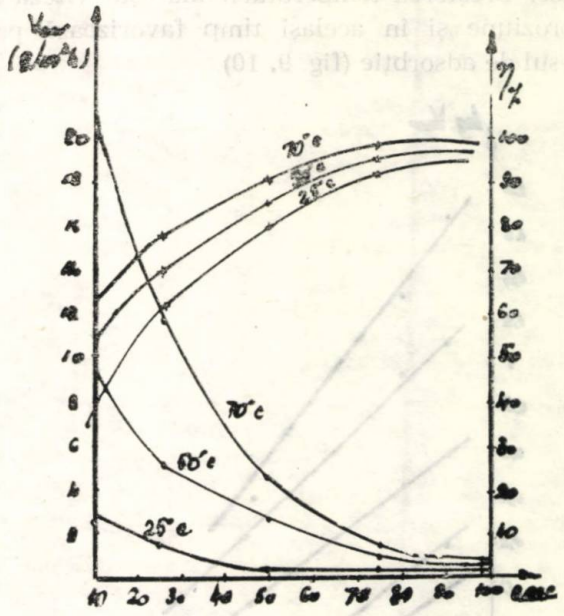


Fig. 8 Variația V_{cor} și eficiența pentru compusul IV la $t = 25{,}50$ și 70 °C.

Pe întregul interval de concentrații, în zona potențialului de coroziune, sărurile cuaternare se adsorb pe suprafața probei metalice, înlocuind moleculele de apă adsorbită conform relației :

$$SQ_{sol} + H_2O_{ads} \rightleftharpoons SQ_{ads} + H_2O$$

În prezența sărurilor cuaternare panta catodică rămîne practic constantă iar cea anodică se modifică (fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6). Rezultă că sărurile

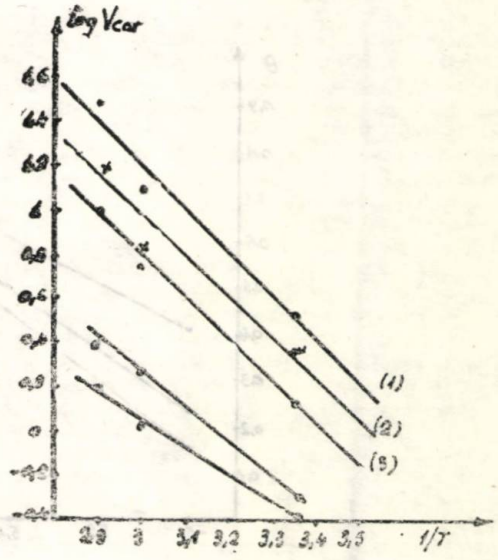


Fig. 9 Variația V_{cor} cu temperatura pentru compusul III.

cuaternare nu modifică mecanismul degajării hidrogenului. Temperatura de asemenea, modifică puțin valorile pantelor anodice și catodice. Creșterea temperaturii mărește viteza de coroziune și în același timp favorizează procesul de adsorbție (fig. 9, 10).

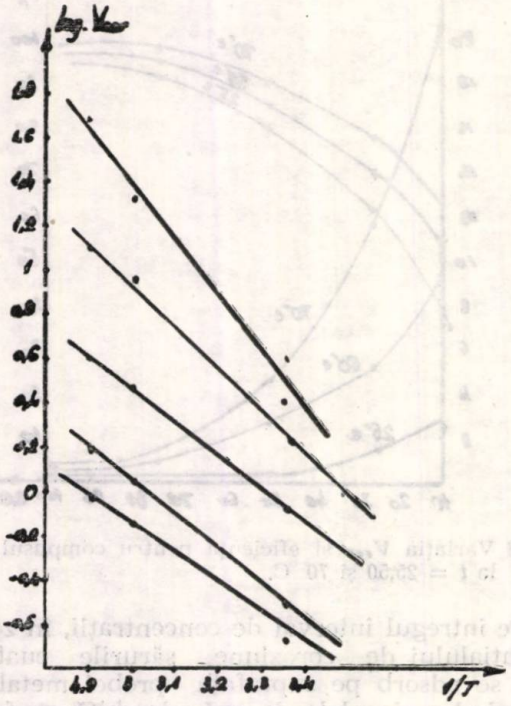


Fig. 10 Variația V_{cor} cu temperatura pentru compusul IV.

Din variația vitezei de coroziune cu temperatura s-au calculat energiile de activare, conform unei relații Arrhenius reprezentînd log $V_{cor} - \frac{L}{T}$ pentru toate concentrațiile de sare cuaternară. Rezultatele arată că diferența între efectul de inhibiție al celor două săruri cuaternare se manifestă la concentrațiile de 75 ppm și 100 ppm.

Dependența gradului de acoperire de log c prezintă o dependență lineară pentru ambele săruri cuaternare III și IV la cele trei temperaturi (fig. 11, 12).

Variația gradului de acoperire cu temperatura, precum și controlul mixt al coroziunii dovedesc că adsorbția este chimică. La grade de acoperire mari, Donahme [6] consideră că, alături de adsorbția cu înlocuirea moleculelor de apă de la interfață, procesul de inhibiție este constituit dintr-o serie de procese chimice și electrochimice.

Din datele experimentale, pentru compusul III rezultă că la temperatura camerei, pentru o concentrație de 10 ppm, corespunde o eficiență de inhibiție slabă, iar de la 50 ppm devine 68%, la 75 ppm — 80% și la 100 ppm — 90%.

Creșterea temperaturii mărește eficiența de inhibiție a procesului de coroziune pentru toate concentrațiile.

Sarea cuaternară IV are o eficență de inhibiție a procesului de coroziune începînd cu concentrația 25 ppm de 60%, la 50 ppm de 80%, la concentrația de 75 ppm de 93%, iar la 100 ppm de 95%. Creșterea temperaturii mărește eficiența de inhibare a compusului IV, astfel încît la 50° și 70°C, chiar la concentrații de 10 ppm, eficiența de inhibare este 50% respectiv 62%.

Energiile de activare ale procesului de coroziune, în prezența acestei sări cuaternare, au valori mai mici.

Ceea ce este caracteristic acestor două săruri cuaternare este prezența ciclului benzenic, iar ceea ce le deosebește, prezența a două grupări

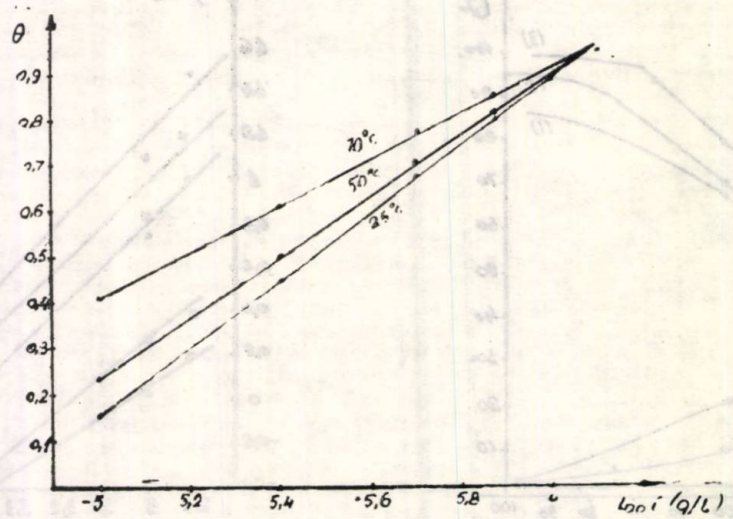


Fig. 11 Variația gradului de acoperire cu concentrația pentru compusul III.

CH_2—CH_2—CN în compusul IV. Creşterea eficienţei de inhibare a sărurilor cuaternare III şi IV faţă de I şi II se datoreşte creşterii polarizării moleculei, în prezenţa radicalului fenil.

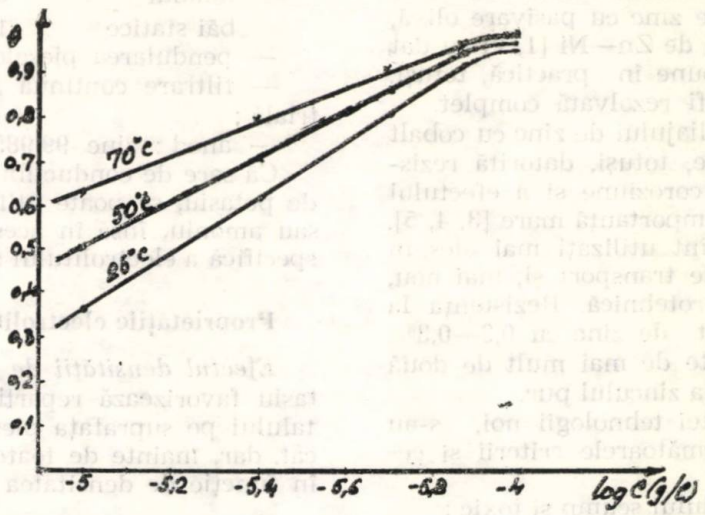


Fig. 12 Variaţia gradului de acoperire cu concentraţia pentru compusul IV.

Variaţia energiilor de activare pentru sarea cuaternară III şi IV

Tabelul 1

Conc./E_{activ} [ppm] [kcal/mol]	0	10	25	50	75	100
III	19,95	15,8	15,8	15,8	14,125	13,18
IV	19,95	16,5	16,5	14,45	13,88	12,58

Gruparea fenil măreşte activitatea $\overset{+}{N}$, deoarece atomul de azot participă la o conjugare cu electronii π ai ciclului. Ca şi în cazul sării cuaternare II, compusul IV cu grupări CH_2—CH_2—CN prezintă o eficienţă de inhibiţie bună. Molecula IV adsorbită pe suprafaţa metalului prin trei grupări reactive este mai greu îndepărtată de pe suprafaţa metalului.

Chiar dacă una din grupările reactive a fost separată de metal prin agenţi corozivi, celelalte grupe menţin molecula de inhibitor pe suprafaţa metalului.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Popescu, B. Radovici, O, Iliuţă, I.* : Construcţia de maşini, 12/1987.

[2] *Bodaris, J. O.M., Ridoly, A. V.* : Modern Electrochemistry" Plenum Press, N.Y. 1970, p. 1285.

[3] *Fara Oukis, Z.A.* : Journal of Electrochem Soc, 113, p. 532 (1966).

[4] *Bockris, J.O.M., Drazic, D., Despui, A.R.* : Electrochemica Acta, 4. 1961, p. 325.

[5] *Kelly, E.J.* : Journal Electrochem Soc. 113, p. 532, (1966).

[6] *Donahne, F.M., Nole, K.* : Journal of Electrochem. Soc, 114.1967, p. 1013.

[7] *Finley, H.F. Hackarman, N.* : Journal of Electrochem Soc. 107. 1960, p. 258, (1960).

[8] *Vichbeck, A., De Berry, D.W.* : Journal of Electrochem, Soc. 131, 1844 (1984).

CZ : 621.35/541.13 : 621.793 : 669.3

Electrodepunerea aliajului de zinc-cobalt din electroliţi acizi şi compararea lui cu alte depuneri

Dr. chim. Ernest, **GRÜNWALD** — I.E.I.A. Cluj-Napoca
Ing. Mihai **HARSÁNYI** şi ing. Iulia **HARSÁNYI** — C.C.S.I.T.A.C. Secţia 2 Satu Mare
Chim. Ecaterina **PÁSZTAI** — I.A.M.T. Oradea

Introducere

În ultimul timp, o tendinţă tot mai accentuată în galvanotehnică o constituie înlocuirea metalelor deficitare, aplicarea unor tehnologii mai ieftine, mai eficiente şi netoxice şi în fine — înlocuirea materialelor şi substanţelor toxice cu acele netoxice.

Înlocuirea cadmiului, metal foarte scump și toxic, constituie obiectivul principal în munca de cercetare a galvanotehnicienilor. Cu toate că un strat mai gros de zinc cu pasivare olivă, sau mai recent un aliaj de Zn—Ni [1, 2] au dat rezultate deosebit de bune în practică, totuși, problema nu a putut fi rezolvată complet.

Despre depunerea aliajului de zinc cu cobalt există încă puține date, totuși, datorită rezistenței însemnate la coroziune și a efectului decorativ, a căpătat o importanță mare [3, 4, 5]. Asemenea electroliți sînt utilizați mai ales în industria mijloacelor de transport și, mai nou, în electronică și electrotehnică. Rezistența la coroziune a unui strat de zinc cu 0,2—0,3% Co, în ceață salină, este de mai mult de două ori mai mare, decît cea a zincului pur.

La elaborarea acestei tehnologii noi, s-au luat în considerare următoarele criterii și cerințe :

— înlocuirea cadmiului scump și toxic ;
— putere bună de dispersie și capacitate mare de acoperire a electrolitului ;
— rezistență foarte bună la coroziune ;
— fragilizare minimă de hidrogen la metalul de bază ;
— menținerea capacității de funcționare la elementele de asamblare ;
— economicitate în producție ;
— posibilitatea cromatării depunerilor ;
— aderență perfectă, lipsa tensiunilor interne și ductilitate însemnată a depunerilor ;
— control analitic simplu ;
— reducerea la minim a cheltuielilor de tratare a apelor ;
— aplicarea tehnologiei în instalațiile existente.

Partea experimentală

Electrolitul pentru depunerea aliajului Zn—Co. Experiențele efectuate au condus la următoarea compoziție și condiții de lucru, corespunzătoare pentru practica industrială [6].

Compoziție :

$ZnSO_4.7H_2O$	70 g/l ;
$COSO_4.7H_2O$	30 g/l ;
KCl	180 g/l ;
H_3BO_3	20 g/l ;
Agent de luciu 101*	60 ml/l ;
Agent de luciu 102*	40 ml/l ;
Umectant 106*	4 ml/l ;
Agent de luciu 103*	4 ml/l ;

Condiții de lucru :

— valoarea *pH*	5,0 . . . 5,5 ;
— temperatura de lucru	20 . . . 25°C ;
— densitatea de curent în :	
tambur	0,5 . . . 1,2 A/dm² ;
băi statice	1,0 . . . 4,0 A/dm² ;

— pendularea pieselor în băi staționare ;
— filtrare continuă la exploatare industrială ;
— anod : zinc 99,985 (STAS 646—76).

Ca sare de conductibilitate, în loc de clorură de potasiu, se poate utiliza și clorura de sodiu sau amoniu, însă în acest caz conductivitatea specifică a electrolitului se diminuează.

*) — produse de Întreprinderea SINTOFARM București.

Proprietățile electrolitului

Efectul densității de curent. Clorura de potasiu favorizează repartizarea uniformă a metalului pe suprafața pieselor cu profil complicat, dar, înainte de toate, depunerea cobaltului în funcție de densitatea de curent (fig. 1).

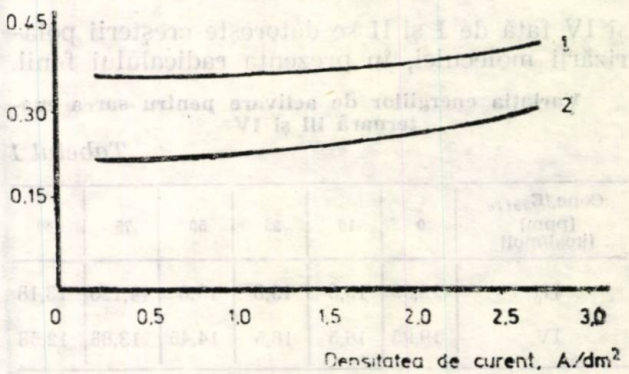


Fig. 1 Repartizarea cobaltului în stratul de zinc, în funcție de densitatea de curent, la diferite temperaturi
1—30°C ; 2—22°C ;

Luciul depunerii. Luciul depunerii de Zn—Co este puternic influențat de temperatura electrolitului. Cu ridicarea temperaturii, domeniul depunerilor lucioase descrește ușor. Pendularea pieselor în electrolit favorizează intensificarea luciului depunerii și are efect însemnat asupra extinderii domeniului depunerilor lucioase, dar nu modifică conținutul de cobalt în stratul depus (fig. 2).

Randamentul de curent. Randamentul de curent al electrolitului este ridicat și constant, în domeniul densităților de curent de lucru, însă scade la densități de curent mai ridicate. Ca și în electroliții slab acizi de zincare, datorită supratensiunii mari a hidrogenului, și în cazul electrolitului de Zn—Co aliajul se depune cu un randament de aproape 100%. Valorile obținute sînt reprezentate în diagrama din figura 3.

Influența concentrației de cobalt asupra domeniul depunerilor lucioase. La acest tip de electrolit, cu mărirea conținutului de săruri de cobalt în electrolit, peste cantitatea de 30 gl, depunerile se închid la culoare, se cromatează ne-

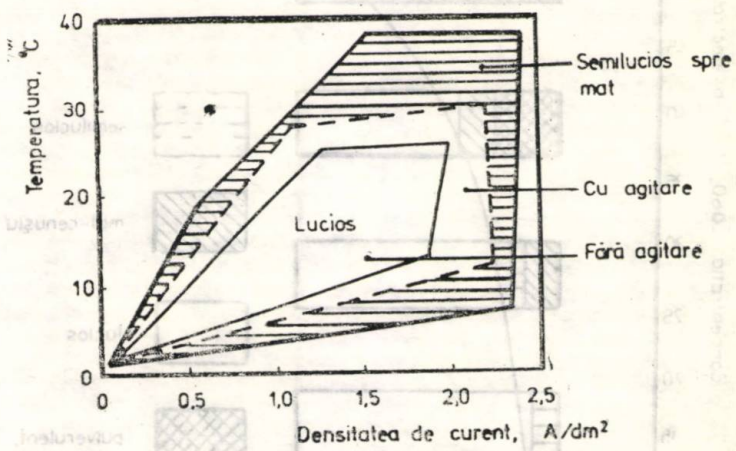


Fig. 2 Modificarea domeniului depunerilor lucioase în funcție de temperatura electrolitului.

uniform, devenind inutilizabile atît pentru scopuri decorative, cît și pentru utilizări tehnice, Diagrama din figura 4 reprezintă aceste fenomene obținute în celula Hull, la o intensitate de 0,5 A, temperatura camerei și o durată de electroliză de 10 minute.

Compoziția depunerilor de Zn—Co

Compoziția aliajului de Zn—Co este influențată în special de următorii factori :

— concentrația ionilor de Co^{2+} în electrolit (fig. 5) ;

— temperatura de lucru a electrolitului (fig. 6) ;

— valoarea *pH* (fig. 7).

Proprietățile de coroziune ale depunerilor de Zn—Co

Așa cum este reprezentată în figura 8, rezistența la coroziune a stratului de Zn—Co, la un conținut de 0,6 . . . 0,8% Co se îmbunătățește simțitor (încercarea în ceață salină conf. STAS 6744—63).

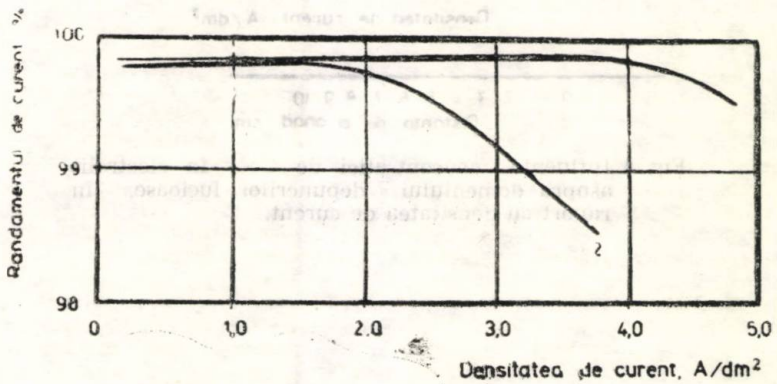


Fig. 3 Randamentul de curent a electrolitului de Zn—Co ;
1 — electrolit de zincare slab acidă,
2 — electrolit de Zn—Co.

Straturile de Zn—Co sînt mai rezistente la coroziune în atmosferă industrială. La încercările cu testul de ceață salină, rezistența față de zincul metalic pur este de mai mult de două ori mai mare (fig. 9).

Compararea rezistenței la coroziune în ceață salină a unor repere nichelate și acoperite cu aliajul Zn—Co (chei de contact, de închizător de bușon rezervor benzină de la I.A.M.T. Oradea) a furnizat următoarele rezultate interesante.

Cheile nichelate lucios, cu o grosime de 5 . . . 8 μm, după 6 ore în ceață salină sînt ru-

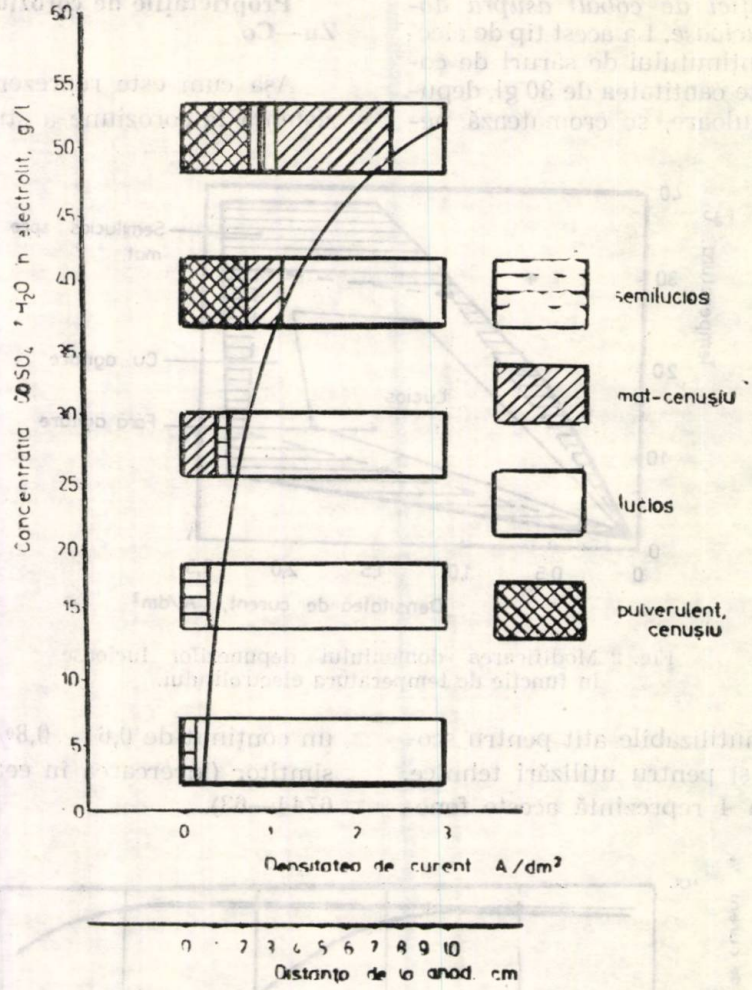


Fig. 4 Influenţa concentraţiei de Co^{2+} în electrolit asupra domeniului depunerilor lucioase, în raport cu densitatea de curent.

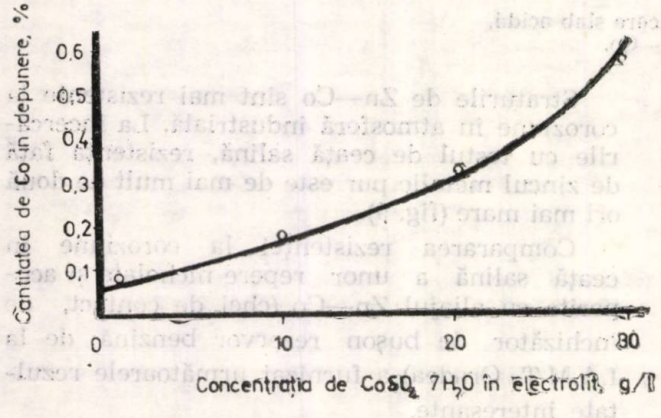


Fig. 5. Influenţa concentraţiei de Co^{2+} în electrolit asupra cantităţii de cobalt metalic în depunerea de zinc.

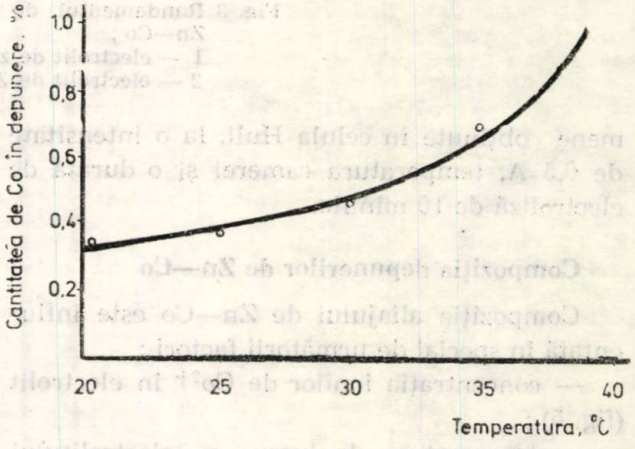


Fig. 6 Influenţa temperaturii asupra cantităţii de cobalt metalic în depunerea de zinc.

ginite circa 20%, pe cheile acoperite cu aliajul Zn—Co (8 ... 10 μm) nu s-a observat nici-o modificare de aspect.

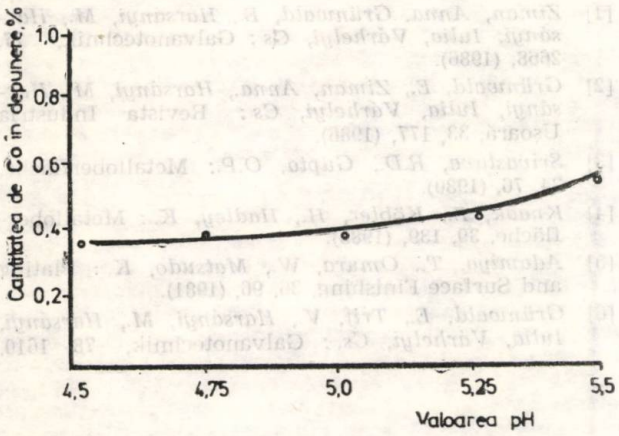


Fig. 7 Cantitatea de cobalt în depunerea de zinc în funcție de valoarea pH-ului.

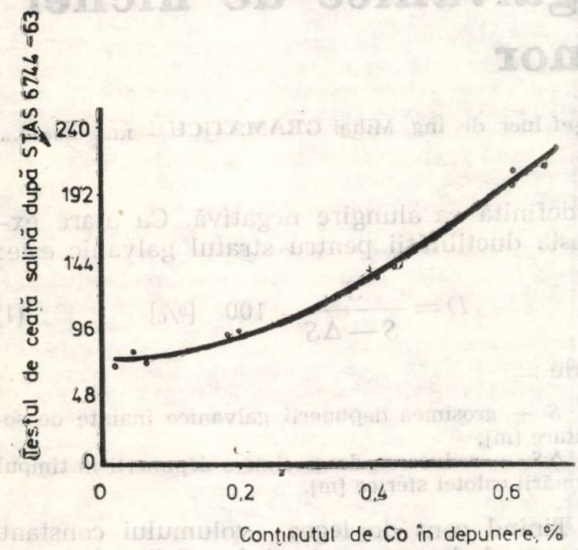


Fig. 8 Formarea ruginii în funcție de cantitatea cobaltului în zinc. Grosimea stratului: 12 μm fără cromatare.

La 24 ore, cheile nichelate s-au ruginit 100%, iar la chei cu depunerea de Zn—Co apar săruri de zinc și dungi negre pe margine.

Atît nichelarea, cît și acoperirea cheilor cu un strat de Zn—Co s-a executat în tambur. Repartizarea grosimii stratului de nichel la diferite tipuri de chei este reprezentată în figura 10.

Așa cum reiese din datele prezentate, față de grosimea minimă realizată în mijlocul cheii, datorită efectului de vîrf, pe vîrful cheilor depunerea este de 2,5 ... 3 ori mai mare, ceea ce cauzează greutăți la montaj și în cursul exploatării.

Repartizarea grosimii stratului a depunerii aliajului Zn—Co, la diferitele porțiuni ale cheilor, este prezentată în figura 11.

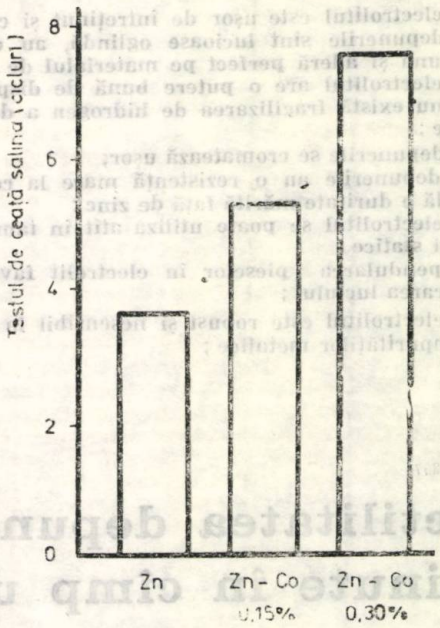


Fig. 9 Rezistența la coroziune în ceață salină a depunerilor de Zn—Co, în comparație cu zincul metalic pur. Grosimea stratului: 12 μm, cromatare galbenă.

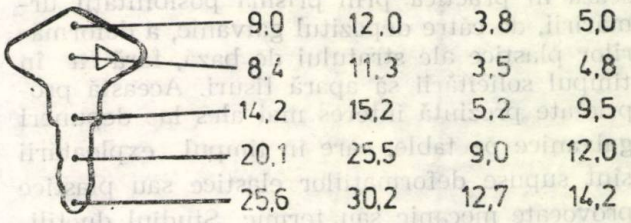


Fig. 10 Variația grosimii straturilor de nichel pe chei, acoperite în tambur (μm).

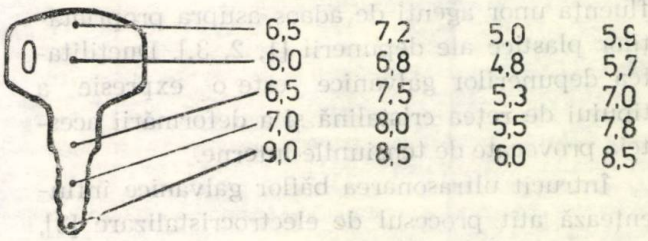


Fig. 11 Variația grosimii straturilor de Zn—Co pe chei acoperite în tambur (μm).

Datorită puterii de dispersie foarte bune a electrolitului de Zn—Co, creșterea de grosime între locul cu grosime minimă și maximă nu este mai mare de 1,5 ori.

Acoperirea executată corespunde și cerințelor de aspect, cheile fiind cromatate de culoare albă, cu un aspect albăstrui, foarte lucios.

În urma experienţelor efectuate şi pe baza exploatării industriale a electrolitului slab acid, pentru electrodepunerea aliajului Zn—Co, s-au putut formula următoarele **concluzii :**

— electrolitul este uşor de întreţinut şi corectat ;
— depunerile sînt lucioase oglindă, au o ductilitate bună şi aderă perfect pe materialul de bază ;
— electrolitul are o putere bună de dispersie ;
— nu există fragilizarea de hidrogen a depunerii metalice ;
— depunerile se cromatează uşor;
— depunerile au o rezistenţă mare la coroziune şi posedă o duritate mărită faţă de zinc ;
— electrolitul se poate utiliza atît în tambur, cît şi în băi statice ;
— pendularea pieselor în electrolit favorizează amplificarea luciului ;
— electrolitul este robust şi nesensibil la majoritatea impurităţilor metalice ;
— procedeul prezintă economicitate în producţie;
— prin utilizarea procedeului se evită poluarea mediului înconjurător.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Ziman, Anna, Grünwald, E., Harsányi, M., Harsányi, Iulia, Várhelyi, Cs :* Galvanotechnik, 77, 2668, (1986).

[2] *Grünwald, E., Ziman, Anna., Harsányi, M., Harsányi, Iulia, Várhelyi, Cs :* Revista Industria Uşoară, 33, 177, (1986).

[3] *Srivastava, R.D., Gupta, O.P.:* Metalloberfläche, 34, 76, (1980).

[4] *Knaak, E., Köbler, H., Hadley, K. :* Metalloberfläche, 39, 139, (1985).

[5] *Adamiya, T., Omura, W., Matsudo, K. :* Plating and Surface Finishing, 36, 96, (1981).

[6] *Grünwald, E., Trif, V., Harsányi, M., Harsányi, Iulia, Várhelyi, Cs. :* Galvanotechnik, 78, 1610,

CZ : 621.357

Ductilitatea depunerilor galvanice de nichel obţinute în cîmp ultrasonor

Şef lucr. dr. ing. Gheorghe **GUTT**, şef lucr. ing. Sonia **GUTT**, şef lucr. dr. ing. Mihai **GRAMATICU** — I.I.S. Suceava
Prof. dr. ing. Ştefan **IVAŞCAN** — Institutul Politehnic Iaşi

Ductibilitatea depunerilor galvanice interesează în practică prin prisma posibilităţii urmăririi, de către depozitul galvanic, a deformărilor plastice ale stratului de bază, fără ca în timpul solicitării să apară fisuri. Această proprietate prezintă interes mai ales la depuneri galvanice pe table, care în timpul exploatării sînt supuse deformaţiilor elastice sau plastice provocate mecanic sau termic. Studiul ductilităţii depunerilor galvanice pe epruvete speciale este folosit şi ca metodă de control pentru influenţa unor agenţi de adaos asupra proprietăţilor plastice ale depunerii [1, 2, 3,]. Ductilitatea depunerilor galvanice este o expresie a tipului de reţea cristalină şi a deformării acesteia provocate de tensiunile interne.

Întrucît ultrasonarea băilor galvanice influenţează atît procesul de electrocristalizare [3], cît şi nivelul tensiunilor interne din depozitul galvanic [3, 4, 5], este interesant de studiat influenţa cîmpului ultrasonor de diverse intensităţi asupra acestei proprietăţi mecanice a depunerilor galvanice.

Aparatura folosită

În concordanţă cu definiţia clasică a ductilităţii, ca raport între alungirea Δl şi lungimea l, ductilitatea la depuneri galvanice poate fi definită ca alungire negativă. Ca atare expresia ductilităţii pentru stratul galvanic este:

$$D = \frac{S}{S - \Delta S} \cdot 100 \quad [\%] \qquad (1)$$

unde :

S — grosimea depunerii galvanice înainte de solicitare [m];
ΔS — reducerea de grosime a depunerii în timpul formării calotei sferice [m].

Ţinînd cont de legea volumului constant precum şi de geometria deformării substratului şi a depunerii, atunci cînd solicitarea are loc cu o bilă de la substrat spre depunere (fig. 1),

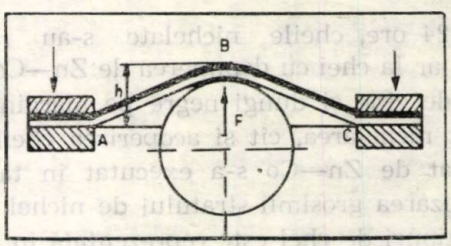


Fig. 1 Schema de principiu la măsurarea ductilităţii depunerilor galvanice.

se poate corela matematic expresia ductilităţii D cu înălţimea conului de deformare h [1, 4, 5]. Din punct de vedere practic, se lucrează mai comod cu reprezentări grafice ale acestor două mărimi (fig. 2), care permit determinări rapide.

La măsurarea proprietăților de rezistență mecanică a straturilor subțiri, în domeniul 1—100 m, metodele clasice de măsurare nu pot fi aplicate, întrucît prelucrarea mecanică a epruvetelor ar avea ca efect influența depozitului de nichel sau chiar distrugerea lui. Din acest motiv, pentru testarea straturilor foarte subțiri, sînt recomandate acele metode la care este solicitată numai zona centrală a epruvetei. În acest scop sînt folosite mai ales aparatele de tip Erichson [1, 6, 7].

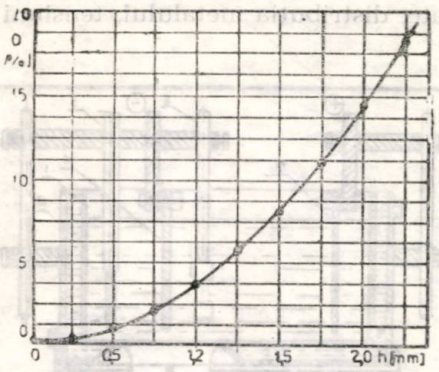


Fig. 2 Dependența dintre alungirea la rupere și înălțimea conului de deformare.

Deoarece este dificilă obținerea unor straturi galvanice exfoliate lipsite de pori, precum și prinderea acestor folii fără a fi accidentate în aparatul Erichson, s-a conceput și executat un aparat pentru măsurarea ductilității depunerilor galvanice folosind metoda solicitării cu un penetrator sferic și a substratului (fig. 3). Valoarea înălțimii deformației conice a celor

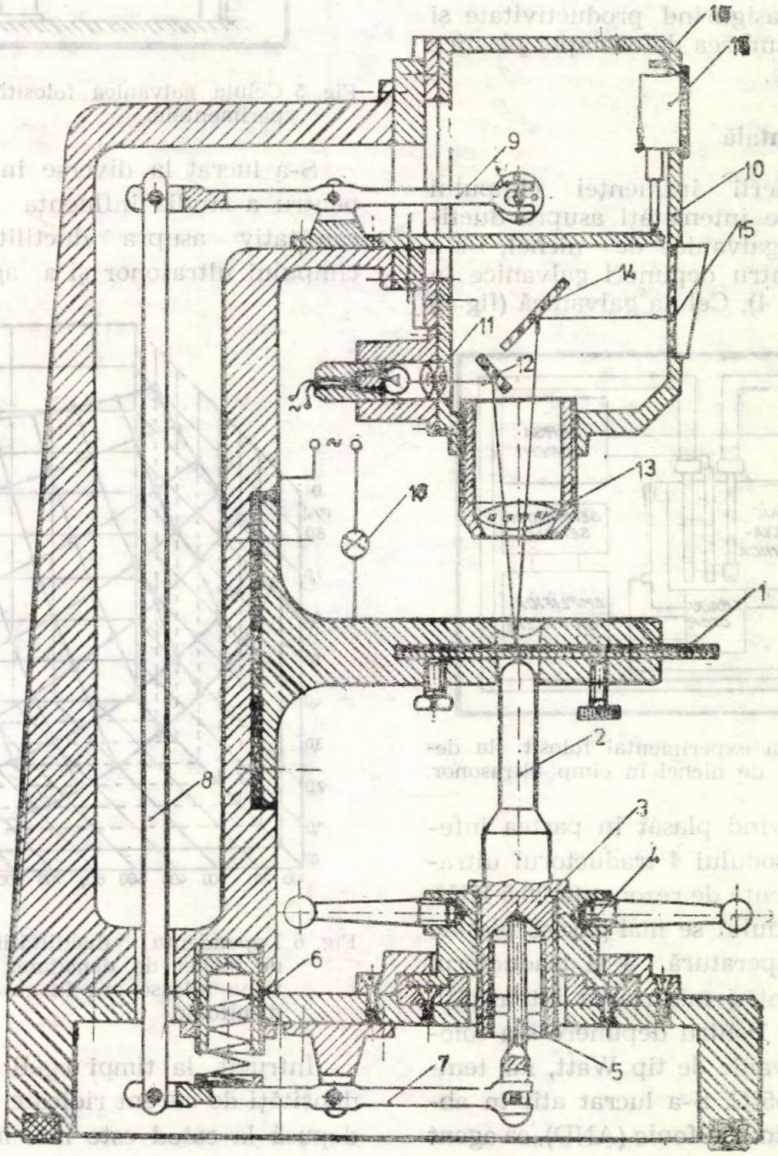


Fig. 3 Aparat pentru determinarea ductilității depunerilor galvanice.

două materiale (substrat + depunere), pînă la apariția primelor microfisuri în depozitul galvanic, se corelează cu diagrama din figura 2, în vederea obținerii valorii ductilității [3]. Solicitarea la deformare plastică a depunerii galvanice **1** se face prin intermediul penetratorului cu cap sferic **2** (bilă din oțel RUL cu diametrul de 5 mm), a cărui deplasare se face manual prin intermediul angrenajului șurub — piuliță **3, 4.** Tija **5,** apăsată de arcul **6,** transmite deplasarea prin intermediul sistemului de pîrghii **7, 8, 9** capului mobil **10,** care conține sistemul optic **11, 12, 13, 14** și **15** destinat urmăririi stării suprafeței deformate. Becul **16** servește la semnalizarea atingerii epruvetei de către penetrator, în vederea aducerii la „zero" a aparatului indicator **17** folosit pentru măsurarea deplasării penetratorului. Soluția constructivă prezentată [4, 5] permite menținerea zonei examinate tot timpul în punctul focal al sistemului optic asigurînd productivitate și precizie mare la măsurarea deformației plastice a depunerii galvanice.

Partea experimentală

În vederea studierii influenței cîmpului ultrasonor de diverse intensități asupra ductilității depunerilor galvanice de nichel, s-a folosit un stand pentru depuneri galvanice în cîmp ultrasonor (fig. 4). Celula galvanică (fig. 5)

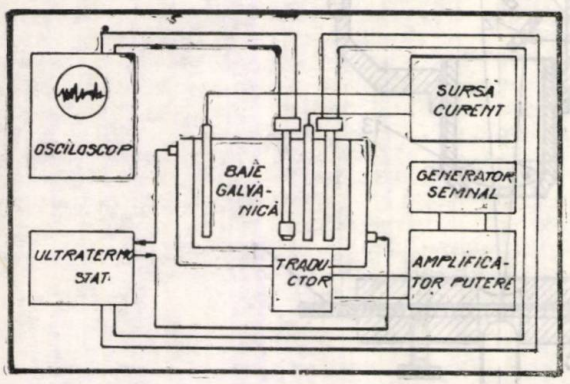


Fig. 4 Schema standului experimental folosit la depuneri galvanice de nichel în cîmp ultrasonor.

este termostatată, avînd plasat în partea inferioară în dreptul catodului **4** traductorul ultrasonor 5 (ferită, frecvența de rezonanță 20,5 KHz, 50 W). În zona catodului se mai găsesc plasate traductorul de temperatură **3** și traductorul piezoelectric **6,** pentru măsurarea intensității cîmpului ultrasonor. Pentru depunere s-a folosit un electrolit galvanic de tip Watt, iar temperatura a fost de 55°C. S-a lucrat atît în absența acidului naftalindisulfonic (AND), ca agent de luciu (fig. 6), cît și în prezența lui (fig. 7). Concentrația de 15 g/l AND a fost stabilită pornind de la faptul că în jurul acestei cifre se obține un optim pentru majoritatea proprietăților depunerilor galvanice de nichel (luciu, rugozitate, distribuția metalului, tensiuni interne).

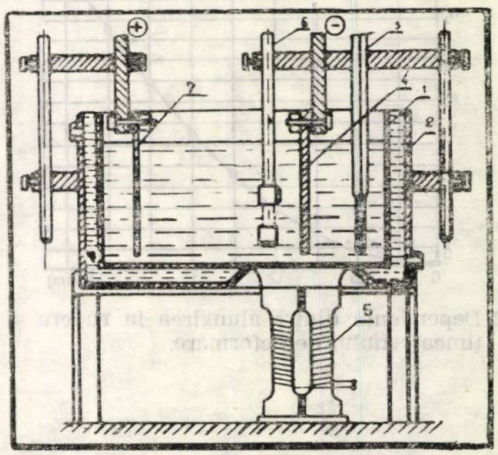


Fig. 5 Celula galvanică folosită la determinările experimentale.

S-a lucrat la diverse intensități de curent, pentru a studia influența acestui parametru cantitativ asupra ductilității, în prezența cîmpului ultrasonor și a agentului de luciu.

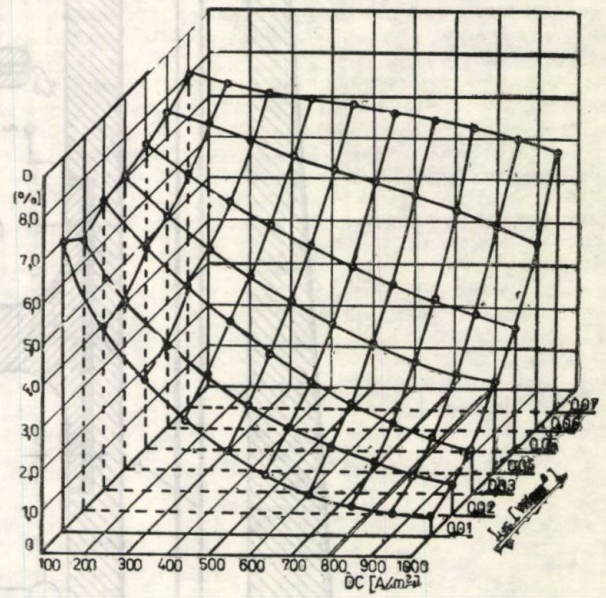


Fig. 6 Dependența ductilității depozitului galvanic de nichel de densitatea de curent și intensitatea ultrasonoră în absența acidului naftalindisulfonic.

Întrucît, la timpi egali de depunere și la densități de curent ridicate, cantitatea de nichel depusă la catod este mai mare decît la densități mici de curent, timpii de depunere s-au recalculat, pentru a obține pe toate epruvetele

grosimi uniforme de depunere. Tot în acest sens s-a folosit un factor de corecție, care pune în evidență dependența dintre randamentul de curent și densitatea de curent, precum și dependența dintre randamentul de curent și intensitatea ultrasonoră [3, 5]. O grosime uniformă a depozitului galvanic asigură o precizie ridicată și o bună reproductibilitate a datelor experimentale. Măsurările s-au efectuat în cinci puncte diferite ale lamelei catodice, punctele din graficele din figura 6 și figura 7 reprezentînd media celor 5 valori.

În concluzie se poate spune că ultrasunetele influențează ductilitatea depunerilor galvanice de nichel, în sensul creșterii ei cu creșterea intensității ultrasonore, acțiunea cîmpului ultrasonor fiind mai pronunțată la densități mari de curent. Agentul de luciu AND are o acțiune favorabilă asupra ductilității.

Chiar în lipsa ultrasunetului, pezența AND la concentrații de 15 g/l provoacă creșteri mari ale ductilității depunerii. La o baie aditivată cu AND, influența ultrasunetului asupra ductilității este mai puțin pronunțată ca la o baie galvanică fără agent de luciu.

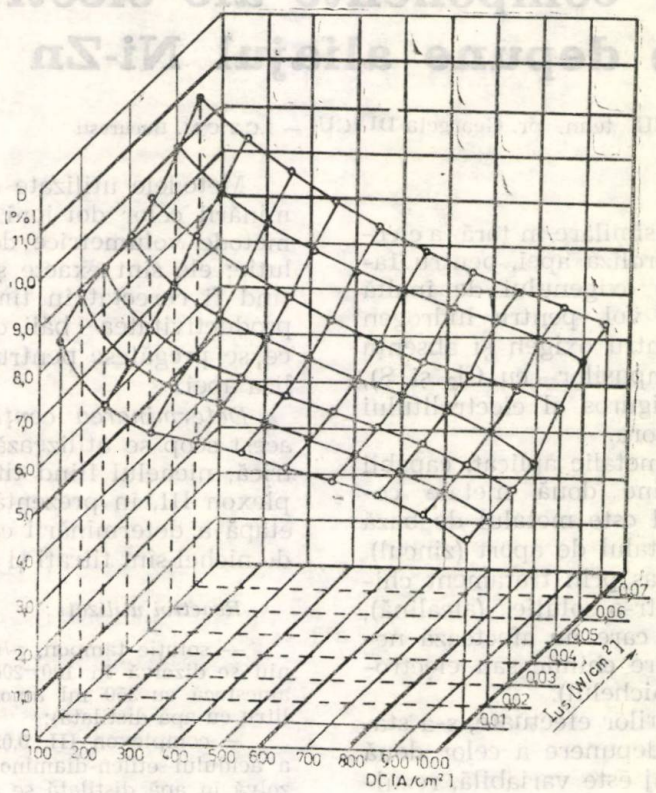


Fig. 7 Dependența ductilității depozitului galvanic de nichel de densitatea de curent și intensitatea ultrasonoră în prezența acidului naftalindisulfonic (AND).

BIBLIOGRAFIE

[1] *Rolff, R.:* .Die Messung der Duktilität mit Hilfe eines hydraulischen Wölbungsgerätes, Metallober fläche, 32, 12, p. 537—560.

[2] *Dahms, W., Rolff, R.:* Messmethode zur Bestimmung der Duktilität von galvanisch oder chemisch reduktiv abgeschiedener Metallschichten (Mikrodornegerät) Metalloberfläche, 35 Nr. 10, 1981, p. 402—405.

[3] *Gutt, Gh.:* Teză de doctorat, I.P. Iași, 1986.

[4] *Gutt, Gh., Ivășcan, Șt..:* Brevet R.S.R. nr. 90185.

[5] *Gutt, Gh., Ivășcan, Șt.:* Aparat pentru măsurarea ductilității depunerilor galvanice, TEHNOMUS, Suceava vol. I, 1986, p. 111—117.

[6] x x x: STAS 7234—75.

[7] x x x: STAS 2112—63.

CZ : 541.13

Metode rapide pentru determinarea elementelor componente ale electrolitului din care se depune aliajul Ni-Zn

Dipl. chim. Maria DINESCU, tehn. pr. Georgeta DUICU — I.C.T.C.M. București

Generalități

În cadrul acțiunii de asimilare în țară a electrozilor necesari la electroliza apei, pentru fabricarea hidrogenului și oxigenului de înaltă puritate (99,8...100% vol. pentru hidrogen și 99,5...99,8% vol. pentru oxigen și absența CO, CO_2, CH_4 și a compușilor cu Cl_2 și S), s-a impus un control riguros al electrolitului utilizat la activarea acestora.

În principiu, stratul metalic aplicat, capabil de a fi activat, conține două metale codepuse, dintre care unul este metalul de bază (nichelul) iar celălalt metalul de aport (zincul). Ulterior zincul este extras prin tratament chimic sau electrochimic într-o soluție (alcalină), în care este solubil și care nu afectează negativ din punct de vedere chimic sau electrochimic metalul de bază (nichelul).

În urma experimentărilor efectuate, s-a stabilit că proporția de codepunere a celor două metale sub formă de aliaj este variabilă, rezultatele cele mai bune obținîndu-se cu aliaje avînd un conținut de nichel de 30..70%.

Deoarece o caracteristică a sistemului de codepunere este instabilitatea compoziției aliajului față de raportul concentrațiilor speciilor ionice din electrolit, precum și datorită faptului că la o concentrație ridicată de metal mai electropozitiv și una foarte scăzută de metal mai electronegativ, depunerea de aliaj are loc conform legilor codepunerii normale, se impune un control riguros atît al compoziției electrolitului utilizat cît și al aliajului obținut.

Controlul electrolitului

Controlul electrolitului utilizat la depunerea aliajului nichel-zinc a fost stabilit pe baza unei cercetări a metodelor de separare și dozare cantitativă, prin metode specifice celor doi cationi cît și acidului boric existent în soluție.

Pînă acum, analiza chimică a celor doi ioni prezenți simultan (Ni+Zn) consta în determinarea gravimetrică a nichelului, în urma precipitării acestuia cu dimetilglioximă în mediu amoniacal, zincul urmînd a fi determinat volumetric în filtrat. Metoda necesită un consum mare de timp, energie electrică, reactivi și implicit erorile caracteristice metodelor gravimetrice.

Metodele utilizate de noi în vederea determinării celor doi ioni prezenți simultan, sînt metode volumetrice de titrare directă din soluție; ele sînt exacte și rapide, electrolitul putînd fi corectat în timp util, fără a se afecta productivitatea băii de activare a electrozilor ce se pregătesc pentru a fi folosiți la electroliza apei.

Determinarea conținutului în nichel. În acest scop se utilizează o metodă complexometrică, nichelul fiind titrat cu soluție de complexon III, în prezență de murexid. În această etapă a determinării cantitative, odată cu ionii de nichel sînt titrați și ionii de zinc.

Reactivi utilizați :

— soluție tampon, *pH* = 10 (54 g clorură de amoniu se dizolvă în 100—200 ml apă distilată, apoi se amestecă cu 350 ml amoniac 25% și se aduce la un litru cu apă distilată);

— complexon III, 0,05 m (18,6125 g sare disodică a acidului etilen-diamino-tetraacetic-EDTA — se dizolvă în apă distilată se aduce la un litru și se omogenizează);

— murexid (1 g murexid se mojarează cu 99 g clorură de sodiu pînă la omogenizare).

Modul de lucru. 1 ml electrolit se introduce într-un pahar conic de 300 ml și se diluează cu 100 ml apă distilată Se adaugă 10 ml soluție tampon, cu vîrf de spatulă de murexid și se titrează cu complexon III pînă la trecerea culorii de la galben la roșu. Pentru observarea cît mai corectă a virajului este indicat ca după primii 25 ml de complexon să se mai adauge puțin murexid.

$$g/l\ Ni^{2+} = \frac{(V_0 - V_1) \times 0{,}0029355 \times f}{V_2} \times 1000$$

unde :

V_0 — este volumul soluției de complexon III 0,05 m utilizat la determinarea nichelului, în [ml] ;

V_1 — este volumul soluției de complexon III 0,05 m utilizat la determinarea zincului, în [ml] ;

V_2 — este volumul electrolitului luat în lucru, în [ml];

f — factorul soluției de complexon III, 0,05 m ;

0,0029355 — este cantitatea de zinc, în g, corespunzătoare la 1 ml complexon III, 0,05 m.

Determinarea conținutului în zinc. În acest scop se utilizează metoda complexometrică, zincul fiind titrat direct din soluție, cu complexon III, în prezență de eriocrom T, după ce în prealabil nichelul este transformat într-o sare complexă solubilă, de culoare galbenă (folosind cianură de sodiu), sare care în mediu alcalin formează un complex cu comportări

diferite de ale zincului. Din acest motiv, prin titrarea cu complexon III, se determină numai cantitatea de zinc aflată în soluție.

Reactivi utilizați :

— cianură de sodiu, soluție 5 % ;
— formaldehidă, soluție 3 % ;
— soluție tampon, *pH* = 10 ;
— complexon III, soluție 0,05 m ;
— negru eriocrom T (1 g negru eriocrom T se mojarează cu 99 g clorură de sodiu, pînă la omogenizare).

Modul de lucru. 1 ml electrolit se introduce într-un pahar conic de 300 ml. Se adaugă soluție de cianură de sodiu 5%, pînă la formarea unui precipitat galben și apoi — continuînd agitarea — pînă la dizolvarea completă a precipitatului format. Se adaugă în picături și sub agitare continuă, formaldehidă 3% pînă cînd soluția devine opalescentă. În momentul apariției opalescenței, se mai adaugă cîteva picături și se agită puternic. Se diluează cu 100 ml apă distilată și se adaugă soluție tampon pînă la limpezirea completă a soluției. Se titrează cu complexon III, 0,05 m, în prezență de negru eriocrom T, pînă ce culoarea soluției virează de la violet la albastru net.

$$g\,l\ Zn^{2+} = \frac{0{,}0032685 \times V \times f}{V_1} \times 1000$$

unde :

V — este volumul soluției de complexon III, 0,05 m utilizat la titrare, în [ml];

V_1 — este volumul de electrolit luat în lucru, în [ml];

0,0032685 — este cantitatea de zinc, în g, corespunzătoare la 1 ml complexon III, 0,05 m ;

f — este factorul soluției de complexon III, 0,05 m.

Determinarea conținutului în acid boric. În acest scop se utilizează o metodă volumetrică, folosind un indicator compus.

Reactivi utilizați :

— indicator compus (1 g roșu de brom crezol și 0,2 g albastru de brom timol se dizolvă în alcool etilic și se aduc la 100 ml tot cu alcool etilic) ;
— hidroxid da sodiu, soluție 0,1 n
— D (—) Mannitol ($C_6H_{14}O_6$).

Modul de lucru. 1 ml electrolit se introduce într-un pahar conic de 100 ml și se diluează cu 50 ml apă distilată. Se adaugă 2—3 picături din indicatorul compus pînă la apariția coloratiei galbene. Se adaugă 1,5 g mannitol și se titrează cu hidroxid de sodiu soluție 0,1 n pînă la apariția coloratiei mov.

$$g/l\ H_3BO_3 = 6{,}184 \times V$$

unde :

V — este volumul soluției de hidroxid de sodiu, 0,1 n utilizat la titrare, [ml].

Controlul depunerii de aliaj nichel-zinc

Determinarea concentrației elementelor se face prin metode de dozare analitică cantitativă.

Reactivi utilizați

— acid clorhidric 50% ;
— soluție tampon, *pH*=10;
— complexon III, soluție 0,05 m;
— cianură de sodiu, soluție 5%;
— formaldehidă, soluție 3%;
— murexid;
— negru eriocrom T.

Modul de lucru. În 25 ml. soluție de acid clorhidric 50% se dizolvă o cantitate cîntărită exact (0,5 . . . 1,0 g) din stratul de Ni—Zn. Se aduce la balon cotat de 250 ml cu apă distilată, se scot din balonul cotat 10 ml, se introduc într-un pahar conic de 300 ml, se diluează cu 100 ml apă distilată și se procedează la determinarea nichelului adăugînd 10 ml soluție tampon, murexid (3—4 spatule mici) și se titrează cu complexon III soluție 0,05 m, pînă la apariția primei coloratii roșii.

Se notează cu V_1, numărul de ml din soluția de complexon III, utilizați la titrare.

Din același balon cotat se scot 10 ml soluție, se introduc într-un pahar conic de 300 ml, se adaugă 15 ml soluție cianură de sodiu 5% și 5 ml formaldehidă 3% (sub agitare puternică). Se diluează cu 100 ml apă distilată și se adaugă soluție tampon *pH*=10, pînă la limpezire.

Se titrează cu complexon III, 0,05 m, în prezență de negru eriocrom T pînă la o culoare albastru net.

Atenție ! Se pune puțin indicator pentru a observa corect virajul.

Se notează cu V_2, numărul de ml de soluție de complexon III, utilizați la titrare.

$$\%\ Ni = \frac{0{,}0029355 \times (25 \times V_1 - 25 \times V_2) \times f}{G_1 - G_2} \times 100$$

$$\%\ Zn = \frac{0{,}0032685 \times 25 \times V_2 \times f}{G_1 - G_2} \times 100$$

unde :

G_1 — este greutatea epruvetei înainte de dizolvarea depunerii;

G_2 — este greutatea epruvetei după dizolvarea depunerii;

f — este factorul soluției de complexon III, 0,05 m.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Brenner, A.* : Electrodeposition of Alloys, Pergamon Press, New York, 1973.

[2] *Bogenschütz, A.F., George, U.* : „Legierungsüberzüge und Legierungs bader" — Analyserverfahren — sowie Elektrolytzusammen — setzungen, Schichteingenschaften und praktische Anwendungen — Eugen G. Leuze Verlag, Saulgan (Württemberg) — Gumany 1975.

[3] *Ripan, Raluca* : Chimie analitică calitativă. Editura de Stat Didactică și Pedagogică, București, 1976.

CZ : 621-25 : 621.793

Automatizarea liniilor de acoperiri metalice

Ing. Victor COMĂNESCU, ing. Gheorghe MATEESCU — I.P.A. București

Situația actuală și tendințe de dezvoltare

Instalațiile de acoperiri de suprafață — larg răspîndite în toate ramurile industriale, ocupă un loc important în procesele de producție unde, în cele mai multe cazuri realizează o producție de masă.

Corespunzător acestor cerințe, instalațiile menționate au evoluat atît în ceea ce privește tehnologia cît și sistemele de automatizare aferente.

În funcție de tipul procesului, capacitatea instalației și gradul de automatizare, există următoarele tipuri de instalații :

— cu logică cablată (cu relee sau comutație statică) ;

— cu programare secvențială cu cartelă perforată sau matrice cu diode;

— cu automate programabile;

— cu mini/microcalculatoare de proces.

Instalațiile tehnologice de acoperire se compun din următoarele subansamble :

A — utilajele de transport interoperațional;

B — utilajele de încărcare-descărcare pentru piese și portșarje;

C — instalații necesare pentru stabilirea și reglarea în cuve a unor parametri tehnologici ca : temperatura, debitul, nivelul, *pH*-ul, concentrații, densitatea curenților de electroliză.

Avînd în vedere că tehnologiile prognozate nu vor impune schimbări radicale în domeniul utilajelor (nu se întrevede o „spargere de tehnologie", adică înlocuirea totală a actualului sistem de acoperire prin imersie în cuvă, cu soluții și curenți de electroliză), direcțiile de dezvoltare în domeniul automatizării acestor instalații trebuie să urmărească introducerea progresivă a „automatizării totale" și în final robotizarea lor. În scopul îndeplinirii acestor obiective se impune urmărirea următoarelor aspecte :

— automatizarea transportului interoperațional și găsirea de noi căi pentru efectuarea deplasărilor. Generalizarea introducerii automatelor programabile, la toate tipurile de procese pe linii cu multiprograme tehnologice simultane și lansare aleatorie;

— automatizarea completă a instalațiilor tehnologice anexe, în vederea reducerii consumurilor energetice (atît prin recuperarea energiei termice degajată în procesul tehnologic, cît și prin optimizare) și a consumurilor de materii prime deficitare ;

— automatizarea operațiilor de încărcare-descărcare în vederea reducerii volumului de muncă manuală și în final eliminarea completă a diverselor activități ;

— introducerea mini și microcalculatoarelor pentru optimizarea producției pe o linie sau pe linii paralele :

— stabilirea structurii instalației (număr de cuve, număr de manipulatoare, drumul optim al manipulatoarelor, parametri automatizați etc.) prin modelarea pe calculator.

Realizări IPA

În preîntîmpinarea acestor linii directoare, I.P.A. (în colaborare cu I.C.T.C.M.) a început încă din 1978 elaborarea unor noi tipuri de instalații, la care a introdus ca principal mijloc de automatizare automatul programabil.

Introducerea automatelor programabile creează premiza realizării unui vechi deziderat al beneficiarilor, acela privind rularea simultană a mai multor programe tehnologice pe aceeași linie de cuve, cu aceleași mecanisme manipulatoare. Această realizare conduce la micșorarea apreciabilă a suprafeței clădirilor destinate acestor instalații. De exemplu, în loc de construire a trei linii de cuve, în care șarjele au trasee conform schemei din figura 1, se construiește o singură linie de cuve pe care se rulează simultan cele trei programe (fig. 1).

În acest caz, posturile de lucru cu aceeași funcție (spălare rece, spălare caldă, degresare, decapare, uscare, uleiere, răcire, etc.) se instalează o singură dată, asigurîndu-se prin programare funcția comună celor trei programe; aceasta conduce la micșorarea numărului de posturi și deci la micșorarea suprafeței construită.

Avînd în vedere flexibilitatea specifică a automatelor programabile, o instalație concepută și realizată pentru anumite procese de acoperire se poate adapta fără cheltuieli materiale, în scopul asigurării unor procese noi prin simpla rescriere a programului pentru automatul programabil.

Precizia de reglare a timpilor tehnologici, precum și asigurarea unei supravegheri continue a celorlalți parametri (temperatură, curent, soluții etc.) oferă o calitate competitivă a pieselor acoperite.

În cele ce urmează, sînt prezentate cîteva din principalele considerente care stau la baza stabilirii configurației optime a sistemului de automatizare și a sintezei programului respectiv. Astfel, în funcție de :

— tipul procesului tehnologic;

— timpii necesari în proces ;
— precizia cerută în reglarea parametrilor;
— posibilitățile de codificare a port-șarjelor;
— numărul de programe simultane ; se stabilește metoda de programare a automatului care poate fi :

— prin diagramă de proces (ciclogramă fixă) ;
— pe principiul chemărilor din proces ;
— pe principiul trimiterilor.

În paralel cu stabilirea metodei de programare, trebuie determinată madalitatea optimă a „dialogului" dîntre instalație și automat.

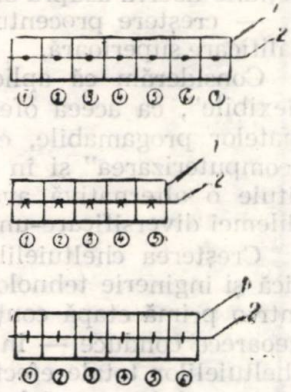


Fig. 1 Automatizarea cu automat programabil.

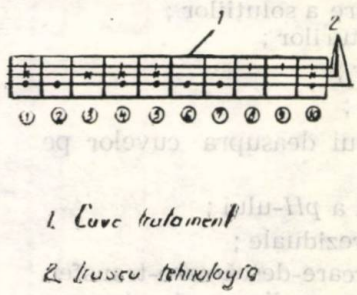
Pornind de la datele instalației tehnologice privind :

— numărul cuvelor din proces ;
— numărul și tipul mecanismelor manipulatoare;
— valoarea și fragilitatea pieselor;
— timpul necesar operației de „încărcare-descărcare" a liniei;
— posibilitatea de reluare a procesului în cazul unor defecțiuni pe secvență;
— tipul detectorilor disponibili, rezultă tipul dialogului care poate fi realizat cu :
— detector pe fiecare post de lucru;
— codificarea posturilor prin came, cu detectori de mecanism;
— camă pe fiecare post de lucru, detector pe mecanism și numărător reversibil bidirecțional.

Stabilirea numărului optim de intrări și ieșiri creează premiza realizării unui preț de cost scăzut și a unei fiabilități ridicate.

La stabilirea structurii sistemului de automatizare se va avea în vedere :

— utilizarea temporizărilor „salvate" la căderea intempestivă a tensiunii;
— posibilitatea de prescriere zecimală sau binară a temporizărilor soft, în limite foarte largi și cu o precizie mare;
— posibilitatea de a prescrie zecimal sau binar adresa de destinție a manipulatorului în fiecare secvență. Modificarea acesteia, în anumite limite și cu precauțiile corespunzătoare, de către chiar operatorul tehnologic;
— posibilitatea fixării unui interval de timp, în interiorul cărui procesul tehnologic întrerupt la căderea intempestivă a tensiunii poate fi reluat, piesele în acest caz-nefiind afectate din punct de vedere a calității. Fiecare tip de instalație permite, prin simplă selectare, trei moduri de funcționare pentru mecanismele mobile : automat, semiautomat sau manual.



Regimul automat corespunde unei funcționări normale.

Echipamentele pot conține sisteme flexibile de selectare a șarjelor, în cazul unor programe diverse, simultan (secvențe de tratament diverse și/sau timpi variabili) cu :

— teste și afișaj la postul de încărcare ;
— codificarea șarjelor.

Această tehnică permite ca într-o singură intalație dotată corespunzător cu cuve specifice, să se realizeze, fără ordine programată, mai multe tipuri de producție.

Regimul semiautomat corespunde unei funcționări excepționale pentru game de operații neprogramate. Instrucțiunile de funcționare sînt date manual, oprirea „mecanismului mobil", atît în mișcare orizontală cît și în cea verticală, este automată, toate dispozitivele de securitate fiind în stare de funcționare.

Regimul manual corespunde unei funcționări de întreținere pentru revizie și reglare. In această situație toate comenzile sînt manuale.

Echipamentele oferite permit automatizarea, acționarea, protecția și programarea unor „mecanisme mobile" de diverse forme, pentru sarcini variate.

Variația vitezei mecanismului mobil atît pe verticală cît și pe orizontală poate fi :

— în două trepte ;
— continuă pentru motoare de curent alternativ sau curent continuu. La cererea clientutului, pentru șarje care conțin piese fragile (deformabile), se poate realiza o variație continuă între 0 și 60 m/min.

Automatizarea instalațiilor auxiliare este concepută pentru a realiza importante economii de materii prime și energie și conține în funcție de optiunea clientului. :

— reglarea automată a intensității curentului, în raport cu suprafața pieselor imersate în cuve, sau — în cazul pieselor standard — posibilitatea de a selecționa o valoare prestabilită a intensității curentului corespunzătoare unei anumite suprafețe a pieselor ;

— reglarea nivelelor în cuve și în recipienții de preparare și stocare a soluțiilor ;

— reglarea temperaturilor ;

— reglarea debitelor ;

— dozarea soluțiilor ;

— ventilarea aerului deasupra cuvelor pe tipul scoaterii șarjelor ;

— corecția continuă a *pH*-ului ;

— controlul apelor reziduale ;

— instalații de încărcare-descărcare-transfer, care permit umplerea golirea și stocarea judicioasă a șarjelor ;

— depozitarea produselor în magazii automate.

Următoarele funcții pot fi preluate de un sistem de calcul :

— proiectarea asistată de calculator a tehnologiilor ;

— optimizarea parametrilor ;

—supravegherea completă a procesului tehnologic ;

— control optim al procesului tehnologic ;

— stocarea și evidența datelor referioare la consumurile materiale și energetice, cheltuieli de producție, producție ;

— elaborarea necesarurilor de aprovizionat;

— testarea sistemului automat ;

— conducerea procesului tehnologic în etape de tranzație.

Citeva considerații cu privire la eficiență

Transformarea acestor instalații în „roboți industriali pentru protecția anticorozivă prin acoperiri metalice" se va reflecta pozitiv în următoarele direcții :

— creșterea indicelui de exploatare a instalațiilor ;

— reducerea spațiului de construcție, prin aplicarea simultană a mai multor tehnologii pe o singură instalație ;

— scoaterea muncitorului din zonele cu acțiune nocivă asupra organismului ;

— creștere procentuală a personalului cu calificare superioară.

Considerăm că aplicarea unei „tehnologii flexibile", ca aceea oferită de utilizarea automatelor progamabile, cu urmare ei firească „computerizarea" și în final robotizarea, constituie o alternativă avantajoasă în rezolvarea dilemei diversificare-unificare.

Creșterea cheltuielilor de cercetare științifică și inginerie tehnologică ce se va înregistra într-o primă etapă conține un element pozitiv, deoarece conduce — în final — la micșorarea cheltuielilor totale efectuate pentru implementarea noului proces tehnologic.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x : „Acoperiri metalice". Editura tehnică, 1975.

[2] *Rădoi, A.* : „Acoperiri metalice. Echipamente tehnologice pentru protecția suprafețelor. Linii de dezvoltare" — 1982.

[3] x x x : Colecția revistei „GALVANO-ORGANO" — 1980 și 1981. Nr. 513 din februarie 1981 pg. 109—111. Nr. 504 din octombrie 1980, pg. 173.

[4] *Crișan, I.* : „Specializarea și diversificarea producției sub incidența rigorilor eficienței".

[5] *Livovschi, L.* : „Scheme logice". Editura Tehnică, 1981.

[6] *Ionescu, D.* : „Codificare și coduri". Editura Tehnică", 1980.

[7] x x x : „Manual de utilizare automate programabile".

CZ : 621.3.03

Contribuții la măsurarea tensiunilor interne în depuneri galvanice

Șef. lucr. dr. ing. Gheorghe **GUTT**, prof. dr. ing. Emanuel **DIACONESCU**, șef lucr. ing. Sonia **GUTT** — I.I.S. Suceava

Prof. dr. ing. Ștefan **IVĂȘCAN** — Institutul Politehnic Iași

Considerații teoretice

Tensiunile interne în depuneri galvanice sînt rezultatul procesului de electrocristalizare și depind de natura depozitului galvanic, de structura și starea suprafeței substratului, precum și de condițiile de depunere. Aceste tensiuni pot fi de gradul 3,2 și 1.

Tensiunile de gradul 3 sînt tensiuni cu repartiție statistică [1], de valoare mică, ce sînt cauzate mai ales de incluzunile gazoase sau solide în depozitul galvanic.

Tensiunile de gradul 2 sînt tensiuni repartizate uniform în depozit și se manifestă prin deformări locale mici.

Tensiunile de gradul 1 se manifestă macroscopic prin deformarea elstică a depozitului, respectiv a substratului cînd acesta are grosime mică. Deorece, în cele mai multe situații practice, substratul are grosime mult mai mare decît depunerea galvanică, acesta nu se poate deforma elastic; ca atare tensiunile interne din depozitul galvanic ating valori ridicate ce pot ajunge pînă la limita de rupere a materialului provocînd microfisuri. Atunci cînd piesa galvanică lucrează în alte condiții de temperatură decît cele la care s-a realizat depunerea, peste tensiunile existente în timpul depunerii se suprapun tensiunile termice provocate de dilatările diferite ale materialului de bază și ale depozitului galvanic.

Din cele prezentate rezultă necesitatea determinării nivelului tensiunilor interne în diverse condiții de lucru. Metodele de măsurare și aparatura folosită în mod curent au o serie de dezavantaje concretizate în :

— productivitate scăzută la determinarea tensiunilor interne ;

— imposibilitatea urmăririi continue a evoluției tensiunilor interne în timpul procesului de depunere galvanică;

— precizie scăzută;

— reproductibilitate slabă a datelor experimentale ;

— exprimare neunitară a valorilor tensiunilor interne.

În lucrarea de față sînt prezentate două metode de măsurare a tensiunilor interne, precum și aparatura concepută, proiectată și executată în acest scop.

Metode de măsurare a tensiunilor interne la depuneri galvanice

La elaborarea metodelor de măsurare a tensiunilor interne, s-a avut în vedere faptul că la un substrat de grosime mică tensiunile interne de gradul 1 duc la deformarea macroscopică a catodului, deformație care este destul de pronunțată și poate fi măsurată ușor.

Pe acest principiu se bazează și măsurarea tensiunilor interne folosind catod spiral [2, 3, 10], sau catod plan [4, 5]. Prima metodă prezintă dezavantajul că geometria deosebită a catodului duce la distribuții neuniforme ale curentului, deci la micșorarea preciziei de determinare a tensiunilor interne. În acest sens este mai indicată folosirea unui catod plan încastrat într-un capăt, [4, 6], ale cărui deformații sub acțiunea tensiunilor interne sînt măsurate prin deplasări ale capătului liber, de la poziția de echilibu. În figura 1 sînt redate schematic principalele mărimi care intervin la acest tip de măsurare. Tensiunile interne din depozit se calculează cu relația [4, 6] :

$$\sigma = \frac{E \cdot G^2 \cdot \delta_1}{3 \cdot L \cdot L' \cdot G'(1 - \nu)} \qquad (1)$$

Pentru ca efectul încovoietor al tensiunilor interne asupra lamelei catodice să fie maxim și pentru a se evita compensarea și echilibrarea

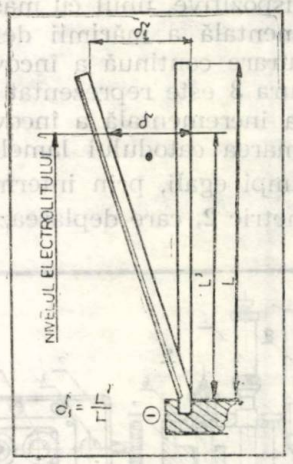


Fig. 1 Caracteristicile geometrice la măsurarea tensiunilor interne cu catod lamelar.

tensiunilor interne datorită depunerii metalului pe ambele fețe ale catodului suprafața catodică din spate se ecranează. Rezultate bune s-au obținut prin acoperirea acestei zone cu un strat de cauciuc natural subțire și uniform

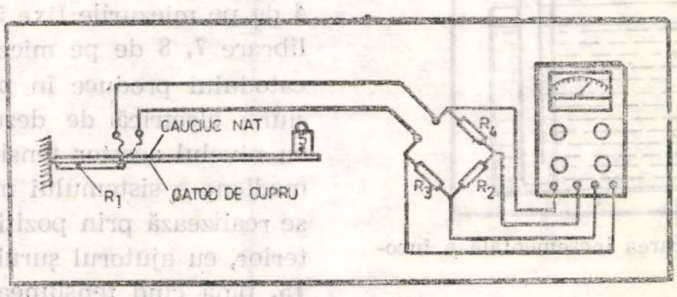


Fig. 2 Schema experimentală folosită pentru măsurarea efectului stratului de ecranare asupra modulului de elasticitate.

depus. În acest fel modulul de elasticitate al materialului de bază este puțin influențat.

Corecțiile modulului de elasticitate se determină experimental după schema din figura 2. Modificarea modulului de elasticitate se apreciază prin abaterea încovoierii catodului protejat pe o parte, încastrat într-un capăt și încărcat în celălalt, față de același catod neprotejat. Pentru măsurarea încovoierii se folosește tehnica tensometrică.

La măsurările efectuate asupra unui catod de cupru cu dimensiunile $200 \times 50 \times 1$ mm, cu o sarcină concentrată de 5 g la extremitate, s-au găsit variații ale modulului de elasticitate cuprinse între 0,1—0,6%. Ca urmare s-a procedat la corecții ale modulului de elasticitate cu un procent mediu de 0,3%, ceea ce corespunde valoriii de $3{,}7 \cdot 10^7$ Pa.

Aparatura folosită pentru măsurarea tensiunilor interne

În scopul măsurării cît mai exacte a deformării catodului s-au conceput proiectat și executat două dispozitive, unul cu măsurarea mecanică incrementală a mărimii deformării și unul cu măsurare continuă a încovoierii catodului. În figura 3 este reprezentat dispozitivul cu măsurarea incrementală a încovoierii catodului. Deformarea catodului lamelar **1** se urmărește la timpi egali, prin intermediul șurubului micrometric **2**, care deplasează tija **3** pe

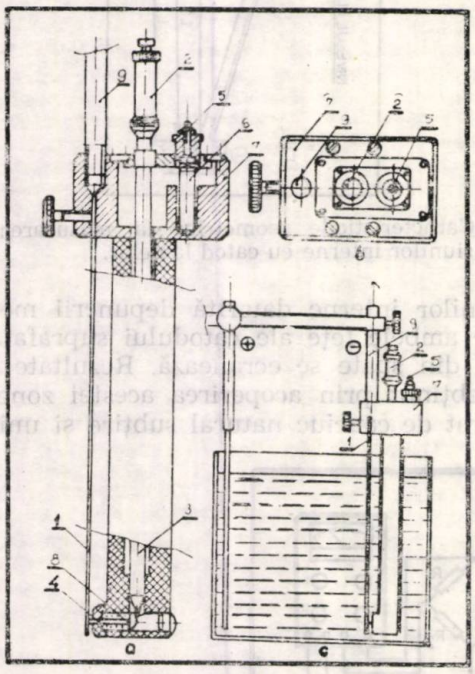


Fig. 3 Aparat pentru măsurarea incrementală a încovoierii catodului [7].

verticală, realizînd apăsarea știftului **4** pe catod. Atingerea catodului de către știft este semnalizată de către dioda luminiscentă **5**, circuitul electric închizîndu-se între bateria **6**, corpul metalic al dispozitivului **7** și tija șurubului micrometric. Citirea se face la aprinderea diodei luminiscente. Pentru retragerea știftului, la ridicarea tijei, este folosit arcul **8** din

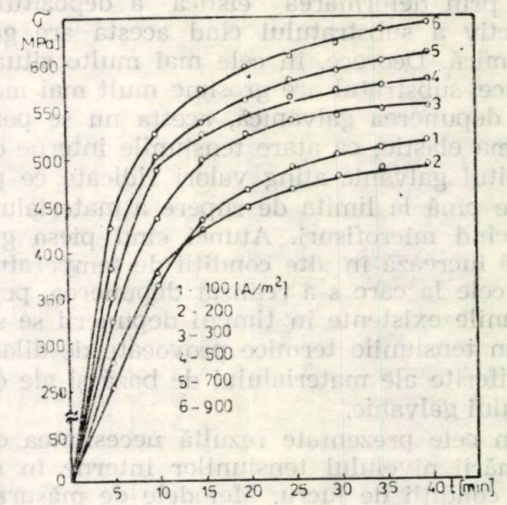


Fig. 4 Evoluția tensiunilor interne în timp. Valori obținute incremental.

bronz de beriliu pentru a rezista acțiunii corozive a mediului electrolitic. Pentru suspendarea dispozitivului și pentru punerea sub tensiune a catodului, se folosește tija **9.**

Pentru exemplificare, s-a redat în figura 4 evoluția tensiunilor interne, în timp, la diferite densități de curent, pentru procesul de nichelare electrochimică din baia Watt la 55°C.

În vedere efectuării de măsurări continue ale evoluției tensiunilor interne, precum și pentru creșterea preciziei de măsurare a deformației catodului, s-a proiectat și executat un alt aparat pentru măsurarea tensiunilor interne [7, 6]. În figura 5 este redată o secțiune prin capul de măsurare, iar în figura 6 schema electrică de măsurare. Dispozitivul are ca element de bază un traductor inductiv diferențial de deplasare, alimentat la curent de înaltă frecvență (5 KHz). Traductorul este format din miezul mobil **1**, atașat catodului **2**, bobinele **3**, **4** de pe miezurile fixe **5, 6** și bobinele de echilibrare **7**, 8 de pe miezurile **9, 10.** Încovoierea catodului produce în puntea inductivă o tensiune electrică de dezechilibru, proporțională cu nivelul acestor tensiuni. Asigurarea poziției mediane a sistemului mobil solidar cu catodul se realizează prin poziționarea miezului fix exterior, cu ajutorul șurubului **14** și a ghidajelor **15,** pînă cînd tensiunea electrică de dezechilibrare a punții indicată de instrumentul de măsură **16** este zero. Elementele **17, 18, 19** folosesc pentru presarea și punerea sub tensiune a catodului. În figura **7** este redată pentru

exemplificare o înregistrare continuă a evoluției deformării catodului sub acțiunea tensiunilor interne. Înregistrarea s-a efectuat pentru procesul de nichelare electrochimică în urmă-

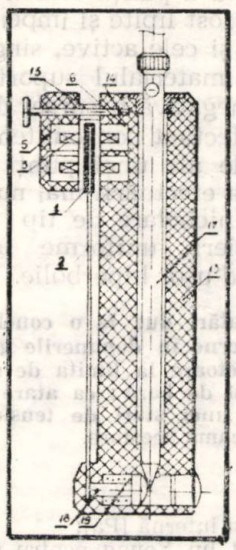


Fig. 5 Aparat pentru măsurarea continuă a încovoierii catodului [8].

toarele condiții : baie Watt, temperatură 55°C, densitate de curent 500 A/m². Calculul tensiunilor interne se face după relația (1). Măsurarea deformării catodului cu acest dispozitiv mai oferă avantajul prelucrării automate a da-

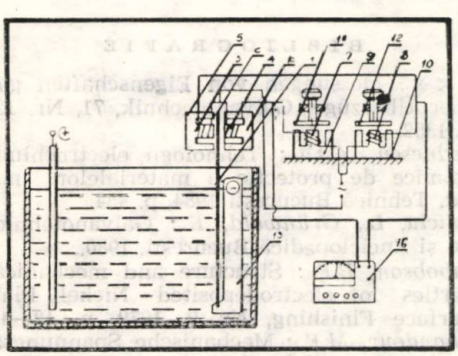


Fig. 6 Schema de măsurare la determinarea continuă a deformării catodului.

telor astfel : prin cuplarea cu un convertor analog-numeric la un microprocesor, oferă date pentru calculul continuu al tensiunilor interne [8]. Dacă în microprocesor sînt introduse și valori ale unor mărimi din proces, care acționează asupra nivelului tensiunilor interne, atunci se poate stabili rapid și precis regimul electrotehnologic optim corespunzător stării de tensiuni minime. Schema de automatizare este dată în figura 8.

Folosindu-se mărimea de ieșire electrică a traductorului inductiv diferențial și un înregistrator cu mai multe canale, se pot înregistra evoluțiile tensiunilor interne în timp, alături de variațiile varabilelor independente din proces care influențează tensiunile interne.

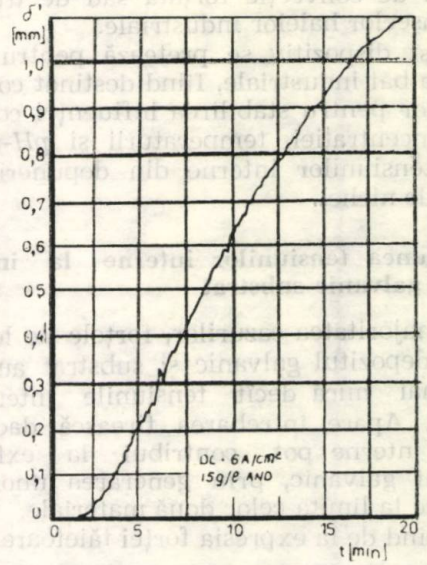


Fig. 7 Evoluția deformării catodului în timp la înregistrare automată cu aparatul din figura 5.

În fine, un alt avantaj (care ține de precizia măsurării de care s-a mai vorbit), este acela al sensibilității deosebite a montajului, rezultat prin sistemul de montaj diferențial în punte inductivă existînd posibilitatea măsurării unor devieri ale catodului de 10^{-3} mm. Afară de rezoluția deosebit de mare, există posibilita-

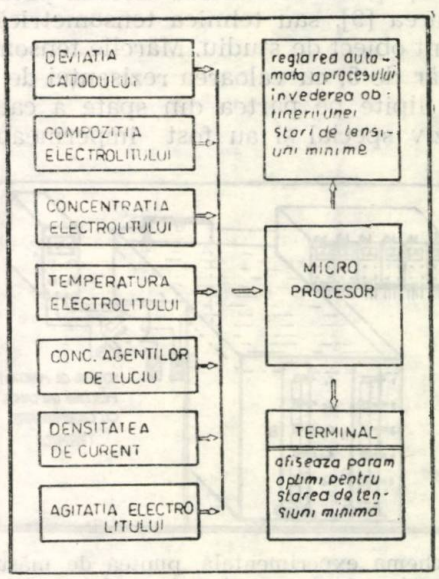


Fig. 8 Schemă pentru prelucrarea automată a datelor, la folosirea aparatelor cu măsurare continuă a deformației.

tea folosirii unor catozi avînd grosimea materialului de bază cu un ordin de mărime mai mare. Se elimină astfel influența modulului

de elasticitate de către stratul izolator din spatele catodului precum și oscilațiile necontrolate ale catodului subțire, provocate de către regimul de convecție forțată sau de trepidații ale planșeelor halelor industriale.

Acest dispozitiv se pretează pentru lucrul uzual la băi industriale, fiind destinat controlului băilor pentru stabilirea influenței compoziției, concentrației, temperaturii și *pH*-ului asupra tensiunilor interne din depunerile galvanice de nichel.

Acțiunea tensiunilor interne la interfața depozit galvanic-substrat

În majoritatea cazurilor, forțele de legătură dintre depozitul galvanic și substrat au o valoare mai mică decît tensiunile interne din depozit. Apare întrebarea firească dacă tensiunile interne pot contribui la exfolierea stratului galvanic, prin generarea unor forțe tăietoare la limita celor două materiale.

Plecînd de la expresia forței tăietoare :

$$F_t = \frac{dM_i}{dx}, \qquad (2)$$

rezultă că la moment încovoietor constant forța tăietoare $F_t = 0$. Un moment încovoietor constant trebuie să ducă la o încovoiere uniformă a catodului. Deoarece aparatele prezentate în figura 3 și în figura 5 determină încovoierea totală, ele nu pot fi folosite pentru stabilirea uniformității încovoierii catodului. În acest scop poate fi folosită metoda prezentată în lucrarea [9], sau tehnica tensometrică, ce a constituit obiect de studiu. Mărcile tensometrice în număr de 5, cu valoarea rezistenței de 121 Ω, au fost lipite pe partea din spate a catodului cu adeziv special și au fost impermeabilizate

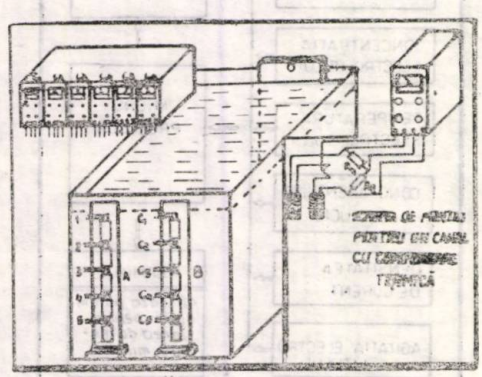


Fig. 9 Schema experimentală, puntea de măsurare și aranjamentul mărcilor, în vederea determinării profilului catodului în urma deformării.

cu un strat subțire de cauciuc natural dizolvat în eter de petrol. Cu fiecare marcă s-a înseriat o marcă de aceeași valoare, care a fost introdusă liber în baia de nichelare, folosind pentru compensarea termică a punții rezistive. Mărcile de compensare au fost lipite și impermeabilizate în același mod ca și cele active, singura deosebire fiind aceea că materialul suport nu s-a legat la polaritatea negativă a sursei de curent. Măsurările s-au efectuat concomitent pe cinci din cele șase canale ale unei punți rezistive, figura 9. În urma efectuării mai multor măsurări într-o baie de nichelare de tip Watt [6], au rezultat încovoieri uniforme ale catodului, profilul lor fiind ușor hiperbolic.

Aceste constatări duc la o concluzie importantă că tensiunile interne în depunerile galvanice nu generează forțe tăietoare la limita de separare depozit galvanic — metal de bază ; ca atare eventualele exfolieri, în cazul unei stări de tensiuni ridicate, nu trebuie puse pe seama acestora.

Notații

σ — tensiunea internă [Pa];
E — modulul lui Young pentru materialul substratului [Pa] ;
G — grosimea substratului [m] ;
G' — grosimea depozitului galvanic [m] ;
γ — coeficientul lui Poisson pentru materialul substratului ;
δ_1 — deviația capătului liber al catodului (fig. 1) [m] ;
F_t — forța tăietoare [N] ;
M_i — momentul încovoietor [N.m] ;
X — grosimea catodului (substrat + depozit) [m] ;

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x : Messungen von Eigenschaften galvanischer Überzüge. Galvanotechnik, 71, Nr. 12, 1980, p. 1352.
[2] *Marinescu, A.ș.a.* : Tehnologii electrochimice și chimice de protecție a materialelor metalice, Ed. Tehnică București 1984, p. 454.
[3] *Oniciu, L., Grünwald, E.* : Galvanotehnica, Ed. St. și Enciclopedică București, 1980.
[4] *Jabobson, B.F.* : Structure and mechanical properties of electrodeposited Nickel, Plating & Surface Finishing, Nr. 9, 1979, p. 42—47.
[5] *Ghandour, M.F.* : Mechanische Spannungszustände bei der elektrolytischen Abscheidung von Kupfernickellegierungen auf Kupferbasismetall und der Einfluss von Aditiven, Metalloberfläche, 33, Nr. 9, 1979, p. 154—158.
[6] *Gutt, Gh.*: Teză de doctorat, I.P. Iași, 1986.
[7] *Gutt, Gh., Ivășcan, St.* : Brevet R.S.R. nr. 91814.
[8] *Gutt, Gh., Gutt, Sonia* : Brevet R.S.R. nr. 92849.
[9] *Gutt, Gh., Diaconescu, E. ș.a.* : Procedeu de măsurare a tensiunilor interne din depuneri galvanice, TEHNOMUS I, Suceava, 1986, p. 107—110.
[10] *Kleinkathöfer, I.* : Die Eigenschaften von mit pulsierendem Gleichstrom abgeschiedenen Nickel, Metalloberfläche Nr. 9, 1982, p. 411—420.

CZ : 621.86/.87 : 621.928.3 : 621.357

Noi concepții constructive pentru mecanisme de transport, tamburi de galvanizare și centrifugă automată de uscare

Ing. Eugen **POPESCU**, ing. Dan **BRANDABUR** — I.C.T.C.M. București

Prin creșterea gradului de mecanizare și automatizare al noilor linii de galvanizare, se impun condiții de funcționare din ce în ce mai severe pentru mecanismele care realizează transportul interoperațional al șarjelor. Pentru asigurarea preciziei de poziționare în post, a pornirilor și opririlor fără șocuri și evitarea balansului șarjei, propunem un nou sistem de antrenare a mecanismului de transport în mișcarea de deplasare orizontală. La un motor asincron cu frînă electromagnetică din construcția de serie, se atașează o frînă ralantizoare cu curenți Foucault (fig. 1), compusă în principal

Prin modificarea convenabilă a curentului de excitație a bobinei ralantizorului la demarare și oprire, se obțin diverse valori ale accelerației și timpilor de accelerare.

Ansamblul motor-frînă ralantizoare a fost experimentat pe un mecanism de transport, obținîndu-se demaraje și frînări fără șocuri, precum și o viteză mică înainte de oprire (microviteză) care permite poziționarea precisă pe post.

Sistemul prezintă avantaje față de alte sisteme de reglare a vitezei (servomotor de curent continuu cu variator, reglare de frecvență etc.),

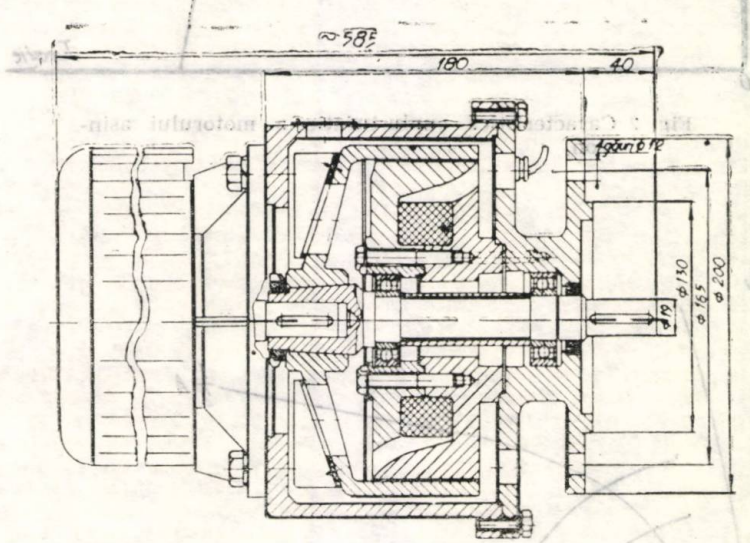


Fig. 1 Frînă relantizoare cu curenți Foucault.

dintr-o carcasă, două piese polare cu poli alternați, magnetizate printr-o bobină de curent continuu și un rotor oală cuplat rigid cu axul motorului și cu axul de ieșire. Caracteristica cuplu-turație a motorului este reprezentată în figura 2, iar a frînei ralantizoare în figura 3, pentru diverse valori ale curentului de excitație [1]. Prin compunerea acestor cupluri și a cuplurilor rezistente, rezultate din forțele de inerție și de frecare, se obține un cuplu rezultant conform figurii 4 la demarare și conform figurii 5 la oprire, a căror lege de variație aproximează legea de variație teoretic egală a cuplului, pentru mișcarea lipsită de șocuri (variație sinusidală) similară cu legea de variație a accelerației [2].

prin simplitate deosebită, preț de cost scăzut, precizie suficientă pentru domeniul de aplicare și poate fi extins la alte manipulatoare care cer condiții similare de funcționare.

Noua gamă tipizată de tamburi pentru galvanizare, proiectată de I.C.T.C.M. și în curs de asimilare la I.A.E.I. — Focșani se bazează pe o concepție modernă, modularizată, asamblată demontabil, a tobei tamburului (fig. 6). Toba, în formă de prismă hexagonală, este compusă dintr-un număr de 3...6 elemente perete tip pe fiecare latură, funcție de lungimea ei, asamblate prin tiranți și piulițe din material plastic, cu roata dințată de antrenare la un capăt și un disc la celălalt capăt. Capacul este constituit

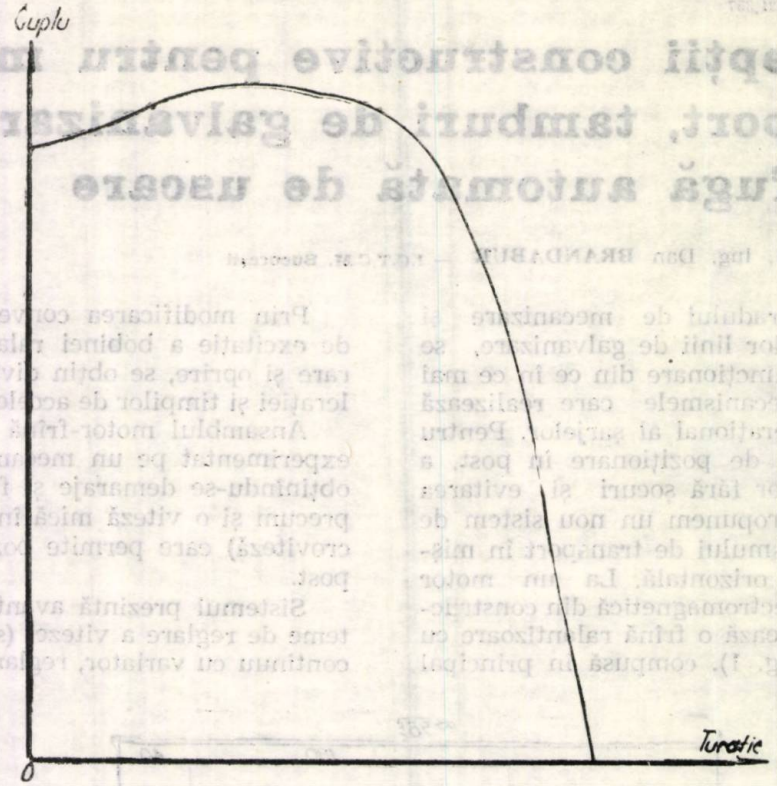


Fig. 2 Caracteristica cuplu-turație a motorului asincron.

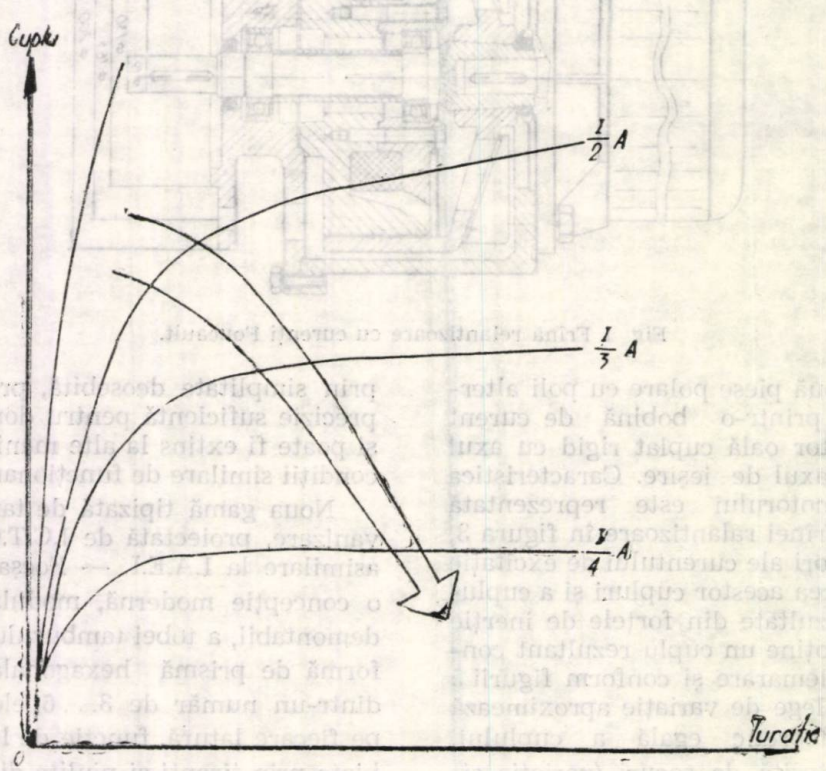


Fig. 3 Caracteristica cuplu-turație a frînei ralantizoare pentru diverse valori ale curentului de excitație.

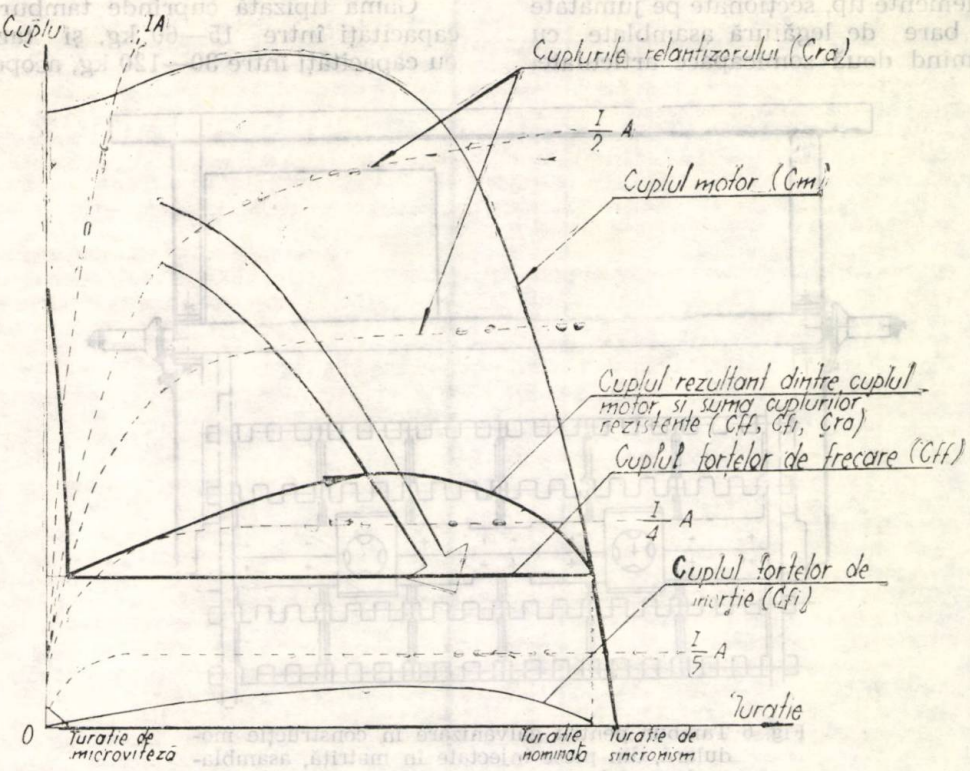


Fig. 4 Caracteristica cuplu-turație a ansamblului motor-frînă ralantizoare, la demarare.

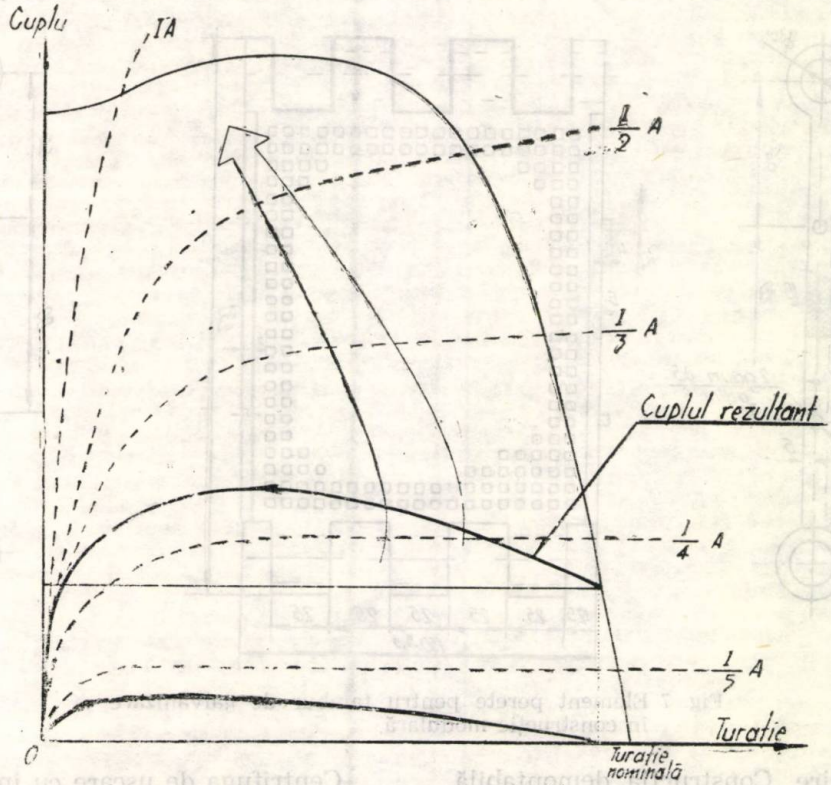


Fig. 5 Caracteristica cuplu-turație a ansamblului motor-frînă relantizoare, la oprire.

din aceleași elemente tip, secționate pe jumătate și întărite cu bare de legătură asamblate cu șuruburi, formînd două semicapace articulate.

Gama tipizată cuprinde tamburi simpli, cu capacități între 15—60 kg, și tamburi dubli. cu capacități între 30—120 kg, acoperind practic

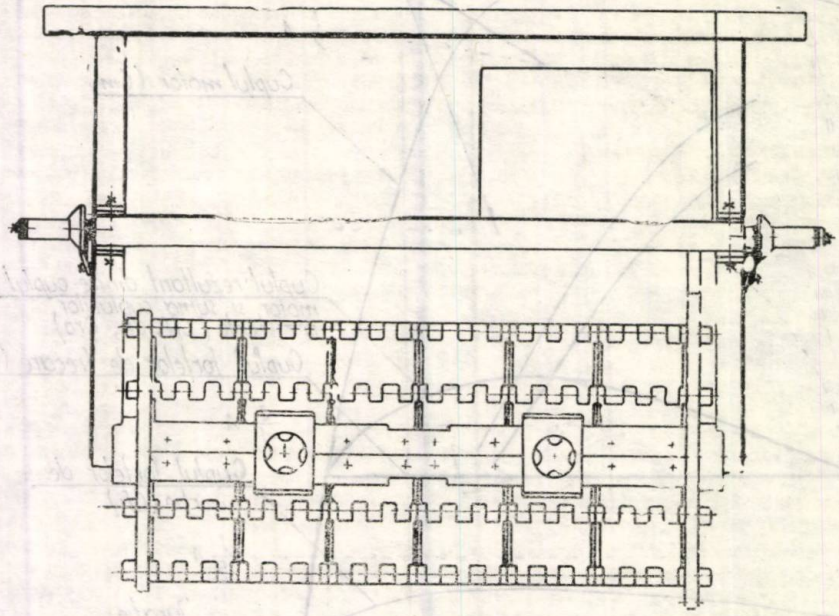


Fig. 6 Tambur pentru galvanizare în construcție modulară, din piese injectate în matriță, asamblate demontabil.

Blocarea capacului se face cu două piese (chei) fixate prin rozete de strîngere. Elementul perete tip (fig. 7) se obține prin injectarea de mase plastice în matriță eliminînd complet operațiile

toate necesitățile. Avantajele noii construcții sînt : preț de cost redus, rezistență ridicată, circulație foarte bună a electrolitului și curentului, economie de material și de energie.

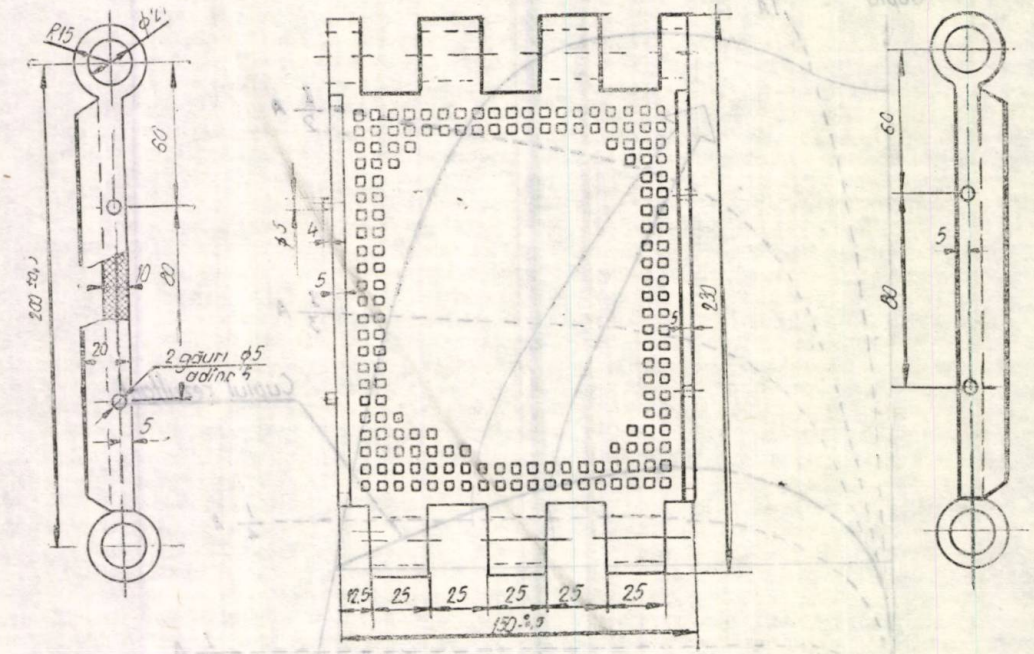


Fig. 7 Element perete pentru tambur de galvanizare în construcție modulară.

de sudare și găurire. Construcția demontabilă permite înlocuirea oricărui element în caz de deteriorare.

Centrifuga de uscare cu încărcare și descărcare automată, realizată în I.C.T.C.M. egalează în performanțe și chiar depășește relizările în

domeniu pe plan mondial. Spre deosebire de centrifuga de uscare clasică, la care încărcarea și descărcarea pieselor se face manual, necesitînd extragerea tobei, particularitățile constructive ale noului utilaj permit integrarea acestuia în fluxul operațional al liniei automate de galvanizare, deoarece încărcarea și descărcarea se fac automat.

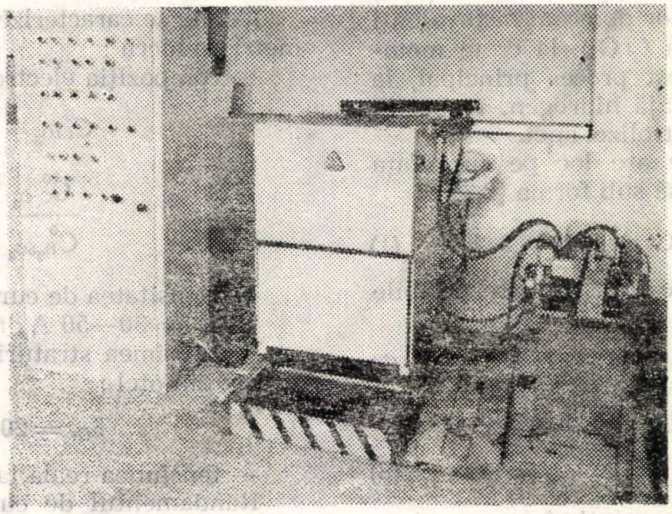


Fig. 8 Centrifugă automată de uscare.

Construcția și funcționarea se pot vedea în figura 8.

Încărcarea se realizează prin răsturnarea directă a pieselor din tamburul de galvanizare, prin partea superioară a utilajului. Uscarea se face prin centrifugare și suflare cu aer cald. Descărcarea pieselor după uscare se realizează automat, prin partea superioară a utilajului, într-un container.

Funcționarea în ciclu complet automatizat, este asigurată de instalația electrohidraulică sau electropneumatică, cu programare secvențială a fazelor procesului de uscare. Inițierea ciclului de uscare se poate face manual, de la butonul de comandă al centrifugii, sau automat, de la programatorul instalației de galvanizare.

Capacitatea este de 60 kg corespunzînd capacității maxime pentru tamburul tipizat. Durata calculului de uscare este reglabilă între 5 ... 10 minute.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Pozdeev, A.D. Rozman, I.B.:* Cuplaje și frîne electromagnetice cu indus masiv, Ed. Tehnică, București, 1965.

[2] *Kovacs, F., Cojocaru, G.:* Manipulatoare, roboți și aplicațiile lor industriale, Ed. Facla, Timișoara, 1982, pag. 122—127.

[3] x x x: Motor asincron cu frînă ralantizoare MAFR 80, proiectat I.C.T.C.M. — București 1985.

[4] x x x: Manipulator pentru galvanizare, proiect I.C.T.C.M. — București, 1986.

[5] x x x: Gamă tipizată de tamburi pentru galvanizare, proiect I.C.T.C.M. — București 1986.

[6] x x x: Centrifugă de uscare automată, proiect — I.C.T.C.M. București, 1986.

CZ : 669.268.7

Unele posibilități de reducere a consumurilor de materiale și de energie în procesul de electrodepunere a cromului

Prof. dr. ing. Ștefan **IVĂȘCAN**, ing. Florin **BRANDABUR**, ing. Maria **APOSTOLESCU** — Institutul Politehnic București

Introducere

Acoperirea electrochimică a suprafețelor din oțel cu straturi de crom este larg răspîndită în industrie, deoarece conferă suportului, pe lîngă un aspect decorativ remarcabil, și o mare rezistență la uzură mecanică.

Electrodepunerea cromului este însă un proces complex, caracterizat printr-o dispersie slabă a electrolitului și prin randamente de

curent scăzut (8—14%). Ca urmare, tehnologia de cromare necesită consumuri ridicate de materiale și de energie electrică și termică [1].

În principiu, procesul electrochimic de depunere a cromului pe un suport metalic (oțel) constă în reducerea ionilor de crom hexavalenți (proveniți din dizolvarea CrO_3), la crom metalic. Concomitent cu acest proces principal, la cei doi electrozi se degajă hidrogen, respectiv oxigen, ca urmare a electrolizei apei.

Reacția globală care are loc pe suprafața electrozilor poate fi scrisă sub forma [2,3] :

$$H_2CrO_4 + H_2O \rightarrow Cr + 2H_2 + 5/2O_2 \quad (1)$$

La anod, procesele de transformare posibile sînt :

$$Cr^{3+} - 3e^- \rightarrow Cr^{6+} \quad (2)$$

$$Cr^{3+} + 16OH^- \rightarrow H_2CrO_4 + 7H_2O + 5/2O_2 + 13e^- \quad (3)$$

Ionii de Cr^{3+} apar în soluție în urma reacțiilor de la catod :

$$H_2CrO_4 + 6H^+ + 6e^- \rightarrow Cr + 4H_2O \quad (4)$$

$$H_2CrO_4 + 6H^+ + 3e^- \rightarrow Cr^{3+} + H_2O \quad (5)$$

$$4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2 \quad (6)$$

Desfășurarea concomitentă a electrodepunerii cromului (ec. 4) și a proceselor secundare determină consumuri suplimentare de energie electrică.

Lucrarea are drept scop stabilirea unor căi posibile de reducere a consumurilor de materii prime și de energie, în baza unor cercetări redate parțial în această lucrare.

Analiza posibilităților de reducere a consumurilor specifice de materiale și de energie în procesul de cromare

Pentru stablirea unor căi posibile de reducere a consumurilor specifice de materiale și de energie, la instalațiile de cromare, s-a cercetat, din cadrul fluxului tehnologic, procesul principal — electrodepunerea cromului.

În acest scop, s-a efectuat calculul consumurilor specifice pentru o baie de cromare, cu următoarele caracteristici :

— dimensiunile cuvei 1,96 × 1 × 1,15 [m];
— volumul de electrolit 1000 [l];
— temperatura de regim 55 [°C];
— numărul de anozi de plumb $n_A = 20$;
— dimensiunile anozilor 0,9 × 0,1 × 0,01 [m];
— numărul de catozi $n_C = 20$;
— dimensiunile catozilor din oțel 0,250 × 0,038 × 0,005 [m].

Cuva de electroliză este construită din oțel (grosimea peretelui este de 4 mm) și este căptușită la interior cu un strat de plumb. Încălzirea băii se realizează prin manta cu abur de 6 ata.

Celula se caracterizează prin următorii parametri de lucru :

— compoziția electrolitului :

$$C^0_{CrO_3} = 250 \text{ g/l}$$

$$\frac{C^0_{CrO_3}}{C^0_{H_2SO_4}} = \frac{100}{1}$$

— densitatea de curent catodică :
$i_c = 30—50$ A/dm²;

— grosimea straturilor de crom depuse pe suport din oțel ;

$$\delta_{Cr} = 20 — 60 \mu m ;$$

— tensiunea reală la borne : 6—8 V.

Randamentul de curent determinat experimental are valori cuprinse între 12—14%.

Pentru calculul consumurilor specifice s-au stabilit următoarele ecuații [3, 4] :

$$C_{CrO_3} = \frac{M_{CrO_3}}{Z \cdot F} \cdot i_C \cdot \tau_C + \frac{m_{CrO_3(\text{pierderi})}}{S_C} [\text{kg/dm}^2] \quad (7)$$

— debitul de abur pentru încălzirea cuvei la temperatura de regim :

$$(V_{abur})_{incălzire} = V_{S(abur)} \frac{Q^0_{abur} - Q_{abur}}{\Delta i} [\text{m}^3/\text{h}] \quad (8)$$

— debitul de abur pentru menținerea cuvei la temperatura de lucru :

$$(V_S)_{\text{abur pierderi}} = \frac{A \cdot 0{,}04075 \cdot W^{0,8} \cdot p \cdot i_{H_2O} + (9{,}74 + 0{,}07t) S \Delta t}{\Delta i} [\text{m}^3/\text{h}] \quad (9)$$

— consumul specific de energie electrică :

$$W_s = i_c \cdot U^r_B \cdot \tau \ [\text{KWh/dm}^2] \quad (10)$$

— ecuația de calcul a tensiunii reale la borne :

$$U^r_B = 1{,}6(\varepsilon^e_A - \varepsilon^e_c) + \rho_A \frac{1_A}{n_A \cdot S_A} \cdot I + \rho_e \frac{1_e}{n \cdot S_c} \cdot I + \rho_{e1} \cdot 1 \cdot I \ [\text{V}] \quad (11)$$

În urma efectuării calculelor de bilanț de materiale, s-au stabilit consumurile specifice de anhidridă cromică, de apă și a volumului de gaze degajate (tab. 1 și 2).

Consumul specific de anhidridă cromică
(i_c = 30 A/dm²; r_e = 0,13)

Tabelul 1

Grosimea stratului de crom [μm]	Consumul specific calculat de CrO_3 [kg/m²]	Consumul total de CrO_3 [kg/m²]	Obs.
20	0,2657	0,2907	
30	0,3985	0,4235	m_{CrO_3}(pierderi) —
40	0.5314	0,5564	= 0,025 kg/m²
50	0,6643	0,6893	
60	0,7971	0,8221	

Calcule tehnologice

Tabelul 2

Condiții de lucru	Masa de apă consumată [kg/m²]		Volumul de gaze degajate [m³/m²]	
	tehnologică	evaporată	O_2	H_2
r_e = 0,13 U_B^r = 7 V δ = 30μm i_c = 30 A/dm²	74,50	172,33	0,2315	0,9815

Bilanțul termic real

Tabelul 3

Mărimi măsurate și calculate	U.M.	Relația de calcul și calculul	U.M.
$m_{piesă}$ = 10,3031 $\bar{c}p_{oțel}$ = 0,12 $t^0_{piesă}$ = 293	[Kg] [Kcal/Kgk] [°K]	$Q_{p\ solid} = Q_{piese} + Q_{cuvă}$ $Q_{piese} = m^{\circ}_{piese} \cdot \bar{c}p_{oțel} \cdot t^{\circ} =$ $= 10,3031 \cdot 0,12 \cdot 20 = 24,7275$ $Q_{piese} = 103,60$	[Kcal/h] [KJ/h]
$m_{cuvă}$ = 999,778 ΔT = 35	[Kg]	$Q_{cuvă} = m_{cuvă} \cdot \bar{c}p_{oțel} \cdot \Delta t =$ $= 999,778 \cdot 0,12 \cdot 35 = 4199,0676$	[KJ/h]
$m_{H_2O_{evap}}$ = 10,31 $i^{55}_{H_2O}$ = 230,5 A = 8,768 ΔT = 35 α_T = 43,99	[Kg/h] [KJ/kg] [m²] [W/m².grad]	$Q_{p1} = m_{H_2O} \cdot i^{55°C}_{H_2O} = 10,31 \cdot 230,5 = 2377,24$ $Q_{p2,3} = \alpha_T \cdot A \cdot \Delta T_{med} =$ $= 43,99 \cdot 8,768 \cdot 35 = 13499,651$	[KJ/h] [KJ/h]
e^r_B = 5,678 e^e_B = 2,1	[V] [V]	$Q_{I-L} = \Sigma \Delta c \cdot I \cdot \tau = \left(e^r_B - e^e_B\right) J\tau =$ $= (5,678—2,1) \cdot 180 \cdot 102,36 = 1,598$	[KJ/h]
G_{el} = 1200 φ = 1200 c_p = 1,10 p_{ab} = 6 T_{der} = 20 T_p = 55	[Kg] [Kg/m³] [Kcal/Kg.k] [ata] [°C] [°C]	$Q_{el} = G_{el} \cdot c_{pel} \cdot \Delta t = 193578$ $G_{ab} = \frac{Q_{pel} + Q_{p\ piese} + Q_{p\ cuvă} - Q}{r}$ $G_{ab} = 104,82$	[KJ/h] [Kg/h]
h = 1,15 l = 1 L = 1,96 δ = 3÷4 I = 180 r_{ab} = 2095 V_s = 0,322	[m] [m] [m] [mm] [A] [KJ/kg] [m³/m³]	$V_{ab\ regim} = 104,82 \cdot 0,3222 = 33,77$ $G_{ab\ pierderi} = \frac{Q_{p1} + Q_{p2,3}}{r} = 7,578$ $V_{ab\ pierderi} = V_S \cdot G_{ab} = 2,441$	[m³/h] [Kg/h] [m³/h]

Din bilanțul termic calculat (tab. 3), rezultă că pierderile de căldură în timpul cromării se repartizează astfel :

— 1% din căldură se pierde cu piesele cromate încălzite la temperatura de lucru ;

Bilanțul de tensiune

Tabelul 4

Mărimi măsurate și calculate	Termenul din bilanț	Valoarea calculată (V)
$\varepsilon^0_{Cr^{3+}/Cr} = -0{,}744$ V $\varepsilon^0_{H^+/H_2} = 0$ $\varepsilon^0_{OH^-/O_2} = 1{,}229$ V $\varepsilon^0_{Cr^{3+}/Cr^{6+}} = 1{,}36$ V	$U^e_B = \varepsilon^e_A - \varepsilon^e_k$	2,1
$a = 0{,}7$; $b = 0{,}12$ $F = 96500$ As	$\eta_c = a + b \ln i$ $b = 2{,}3 \frac{RT}{zF}$	0,555
$a = 1{,}10$ $b = 0{,}565$	$\eta_A = a + b \ln i$	1,021
$l_A = 0{,}9$ m $\varkappa = 20$ $\rho_{pb} = 1{,}18 \cdot 10^{-8}\ \Omega \cdot$m $l_A = 0{,}1$ m $\delta_A = 0{,}01$ m	$\Delta e_A = \rho_A \frac{l_A}{U_A \cdot S_A} I$	$1{,}5228 \cdot 10^{-3}$
$l_k = 0{,}250$ m $l_k = 0{,}038$ m $\delta_k = 0{,}005$ m $U_k = 20$ $\rho_{otel} = 8{,}7 \cdot 10^{-8}\ \Omega$m	$\Delta e_c = \rho_k \cdot \frac{l_k}{U_k \cdot S_k} I$	$6{,}868 \cdot 10^{-3}$
$\lambda_{el} = 0{,}681 \cdot \Omega^{-1} \cdot m^{-1}$ $\rho_{el} = 0{,}0148\ \Omega$m $l_{A-k} = 0{,}28$ m	$\Delta e_{el} = \rho_{el} \cdot l_{A-k} \cdot I$	0,7398
admis	$\Delta e_{cont.} + \Delta e_{bare} + \Delta e_{reostat} = 0{,}6(\varepsilon^c_A - \varepsilon^e_k)$	1,26
	$U^r_B = 5{,}678$ V	

— 15% reprezintă pierderi prin evaporarea apei;

— 84% sînt pierderile de căldură prin convecție și radiație.

Din analiza bilanțului de tensiuni (tab. 4), se constată următoarele :

— tensiunea de echilibru are valoarea de 2,1V ;

— tensiunea calculată la bornele reactorului este de 5,678 V ;

— 22% din valoarea tensiunii la borne reprezintă căderile prin contacte, bare, circuite și reostat ;

— 18% reprezintă supratensiunea anodică ;

— 13% constituie căderile de tensiune prin electrolit ;

— 9% reprezintă supratensiunea catodică.

În realitate, tensiunea la bornele electrolizorului are valori de 6—8 V.

Creșterea valorii tensiunii la borne are ca efect o creștere a consumului de energie electrică (tab. 5).

Influența tensiunii la borne asupra consumului de energie

($r_c = 0{,}13$; $i_c = 30$ A/dm^2; $\delta = 30\mu$m)

Tabelul 5

Tensiunea reală la borne [V]	Consumul specific de energie [%]
5,67	100
6,00	105,8
7,00	123,0
8,00	141,0

Consumul specific de energie electrică [KWh/m^2]

($i_c = 30$ A/dm^2; $r_c = 0{,}13$)

Tabelul 6

Grosimea stratului de crom [μm]	Tensiunea la borne [V]	
	$U^r_B = 5{,}678$	$U^r_B = 7$
20	19,4	23,9
30	29,1	35,9
40	38,8	47,8
50	48,5	59,8
60	58,2	71,8

În tabelul 6 sînt redate consumurile specifice de energie electrică, în funcție de grosimea stratului de crom depus.

Concluzii

În urma analizei efectuate se preconizează următoarele căi pentru obținerea de reduceri ale consumurilor specifice de materiale și de energie la electrodepunerea cromului :

— regenerarea electrolitului în vederea prelungirii duratei de utilizare. În acest sens, se impune fie eliminarea din rotație a ionilor Fe^{3+} (ale căror concentrații condiționează durata de folosire a băii), fie recuperarea din electrolit a anhidridei cromice. Se pot obține astfel reduceri substanțiale ale consumurilor de CrO_3 și de acid sulfuric ;

— conducerea corectă a proceselor din fluxul tehnologic (prelucrări mecanice, degresare, decapare, uscarea pieselor etc.), în vederea eliminării pieselor rebutate ;

— curățirea periodică a anozilor de plumb de straturile pasive, prin înlăturarea acestei rezistențe locale suplimentare, se pot obține reduceri ale consumului specific de energie electrică ;

— utilizînd instalația de cromare, în măsura posibilităților, în regim continuu, se poate economisi aburul necesar încălzirii băii la temperatura de regim.

Listă de notații

A, M — masa atomică, respectiv masa moleculară ;

τ — timpul, [s];

$V_{S\ abur}$ — volumul specific al aburului, [m^3 kg] ;

ε^e_A, ε^e_C — potențialele de echilibru anodic, respectiv catodic, [V] ;

ρ_A, ρ_c — rezistivitatea anodului, respectiv a catodului [Ω.m] ;

ρ_{el} — rezistivitatea electrolitului, [Ω.m];

$Q_{p,\ evaporare}$ — pierderile de căldură cu apa evaporată, [KJ/h] ;

$Q_{r,\ c}$ — pierderile de căldură prin radiație și convecție [KJ/h] ;

i — entalpia lichidului [KJ/Kg].

BIBLIOGRAFIE

[1] *Firoiu, C.* : Tehnologia proceselor electrochimice, E.D.P., Buc., 1983.

[2] *Ivășcan, Șt., ș.a.* : Buletinul I.P. Iași, 20, fasc. 1—8, 1974.

[3] x x x : Contract de cercetare științifică, nr. 4350, 1986.

[4] *Pavlov, K.F. ș.a.* : Exerciții și probleme de procese și aparate în industria chimică, Ed. Tehnică, Buc., 1972.

CZ : 662.99 : 667.67

Reducerea consumurilor energetice la instalațiile de protecție a suprafețelor prin vopsire

Ing. Dan **POPOVICI** — I.C.T.C.M. București

Între consumatorii mari de energie în industrie, după forjă și tratamente termice, se situează instalațiile complexe de vopsire echipate cu ventilatoare și pompe antrenate de motoare, însumînd mii de kilowați putere instalată și necesitînd, în același timp, un consum de energie calorică pentru realizarea proceselor tehnologice de ordinul zecilor de Gcal/h.

În vederea reducerii raționale a acestor consumuri, încă din faza de concepție, tehnologul și proiectantul de utilaje trebuie să fie preocupați să prevadă materiale, tehnologii și utilaje cît mai puțin energo-intensive.

De asemenea, în timpul execuției, depozitării și montajului, trebuie respectate caietele de sarcini, din proiectele utilajelor, iar după darea în exploatare, instrucțiunile de folosire și funcționare, nerespectarea acestora avînd repercusiuni negative și asupra consumurilor energetice.

Este convingător, în acest sens, să menționăm că în cazul unui cuptor tip cameră, pentru temperatura de 250 ± 5°C, cu circulație forțată a aerului, echipat cu două generatoare de aer cald, încălzite cu rezistențe electrice, însumînd 300 KW, datorită unei proaste execuții, a unui montaj defectuos și a unei izolații termice necorespunzătoare, atît a generatoarelor, cît și a carcaselor izolante, 2/3 din puterea instalată, era disipată prin pierderile de aer cald. După remedierile izolației termice și neetanșeităților, pierderile calorice s-au redus și cuptorul a realizat temperatura de funcționare, în limitele impuse de caietul de sarcini.

Depozitarea necorespunzătoare a panourilor izolante ce formează carcasele cuptoarelor, în spații descoperite, supuse intemperiilor și în special ploilor, face ca ele să se taseze și să se deterioreze izolația termică, ceea ce duce după montarea acestora la apariția zonelor fierbinți pe carcasa izolantă și implicit a pierderilor de căldură.

De asemenea, este edificator să menționăm faptul că nerespectarea prescripțiilor din caietele de sarcini, privind curentul nominal al motoarelor electrice ale ventilatoarelor cabinelor de vopsire, din cadrul unei linii complexe de vopsire autoturisme, poate să ducă la încărcarea suplimentară a transformatorului electric ce alimentează linia, cu o putere de cîteva sute de kilowați.

După menționarea numai a cîtorva defecțiuni ce pot apărea în cursul execuției, depozitării și montajului, defecțiuni ce pot sugera

luarea la timp a măsurilor de prevenire, ne propunem să analizăm, în cele ce urmează, modalităţile de reducere a consumurilor energetice, din analiza critică a consumurilor specifice de energie în exploatarea diferitelor tipuri de utilaje, ce formează o linie convenţională de vopsire.

Materialul nu are un caracter exhaustiv, domeniul abordat fiind foarte vast, dar se va căuta să se traseze direcţiile în care trebuie acţionat pentru reducerea judicioasă a acestor consumuri.

În tabelul 1 sînt redate consumurile specifice pentru utilajele de bază ce intră în componenţa unor linii de vopsire pentru produse de serie mare (35 caroserii/h), serie mijlocie, (10 caroserii/h) şi pentru liniile de vopsire piese mici, subansamble şi combine montate (pentru o întreprindere de maşini agricole).

Consumurile specifice ale utilajelor ce intră în componenţa unei linii convenţionale de vopsire

Tabelul 1

Denumirea utilajelor	Consum specific [kg cc/kg, h] *)	
	minim	maxim
Agregat de pregătire	0,230	0,470
Cobine de vopsire — vara	0,115	0,150
Cabine de vopsire — iarna	0,230	1,2
Tunel de uscare	0,190	0,6
Total consumuri (vara)	0,535	1,22
Total consumuri (iarna)	0,650	2,27

*) cc — combustibil convenţional.

Aceste consumuri specifice au fost calculate prin însumarea tuturor consumurilor în exploatare (transformate în kg. combustibil convenţional), pentru antrenarea ventilatoarelor şi a pompelor, cît şi a consumurilor tehnologice (încălzirea soluţiilor, încălzirea aerului de compensare introdus în cabine, cît şi pentru încălzirea cuptoarelor) şi au fost raportate la productivitatea liniei în [kg/h].

După cum se vede din tabelul 1, aceste consumuri variază în limite foarte largi, ele fiind dictate de tipul utilajului, tehnologia aplicată (temperaturile de lucru) şi productivitatea liniei respective. Trebuie, de asemenea, subliniat, că aceste valori au fost calculate pentru piesele cu pereţi subţiri, ele fiind diferite pentru piesele turnate cu pereţi groşi, dar acestea se pot determina în acelaşi mod.

Interpretînd aceste valori se constată :

— pentru agregatele de pregătire, consumurile specifice maxime sînt aproximativ duble faţă de cele minime, acestea fiind dictate de temperaturile soluţiilor de degresare, spălare, fosfatare ;

— pentru cabinele de vopsire, în timpul iernii, consumurile maxime sînt sensibil egale cu cele minime ;

— pentru cabinele de vopsire, în timpul iernii, consumurile minime sînt duble faţă de cele minime din timpul verii, iar cele maxime din timpul iernii pot fi de 5 ori mai mari faţă de cele minime, această situaţie fiind dictată de debitele mari de aer cald evacuate, respectiv compensate, şi de gradul de recuperare a căldurii din aerul evacuat ;

— pentru tunelele de uscare, consumurile specifice maxime pot fi de 3 ori mai mari faţă de cele minime, acestea fiind funcţie de temperatura de încălzire şi de debitul de aer evacuat respectiv introdus), pentru menţinerea concentraţiei de solvent sub limita de explozie.

Ţinînd seama că aceste consumuri specifice variază în limite foarte largi, la cabinele de vopsire şi la cuptoarele de uscare, ne propunem ca în continuare să analizăm posibilităţile de reducere a acestor consumuri, pentru aceste utilaje de bază din cadrul unei linii de vopsire, stabilind în primul rînd, factorii care influenţează în mod deosebit aceste consumuri.

CABINELE DE VOPSIRE

Calcularea debitului de aer evacuat, respectiv introdus

Pentru exemplificare, se vor face consideraţii asupra cabinelor de vopsire tunel, cu insuflarea verticală a aerului proaspăt şi alimentate cu piese în flux continuu.

Notînd cu L şi B lungimea şi lăţimea interioară a cabinei, cu l şi b lungimea şi lăţimea piesei, exprimate în metri şi cu n, numărul de piese ce intră simultan în cabină, iar cu v, viteza aerului în [m/sec], (fig. 1), debitul de aer va fi :

$$Q = (LB - lbn)\, v \quad [m^3/sec] \qquad (1)$$

Din expresia (1), rezultă că debitul de aer este direct proporţional cu produsul dintre suprafaţa netă a cabinei, (suprafaţa totală interioară a cabinei, din care se scade suprafaţa proiecţiei pieselor pe un plan orizontal) şi viteza aerului.

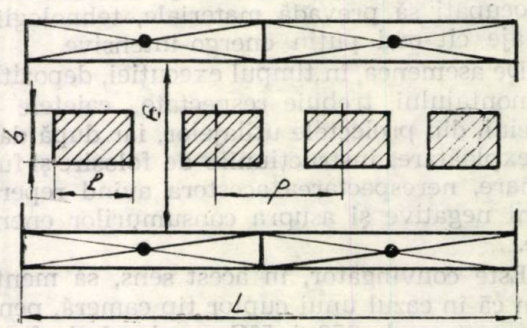


Fig. 1 Cabine de vopsire tip tunel-vedere în plan.

Doarece pentru o cabină cu deservire pe ambele părți ale piesei, lățimea B a cabinei este :

$$B = b + 2c \qquad (2)$$

în care c este lățimea spațiului de servire (1400 ÷ + 1500 mm) Din expresia (2) se vede că lățimea B, fiind dictată de lățimea piesei și spațiul de deservire, nu poate fi redusă pentru a micșora debitul de aer.

Lungimea L a cabinelor cu alimentare în flux continuu este :

$$L = v_d \times t_{total} \qquad (3)$$

în care : v_d = viteza de deplasare a pieselor în [m/min]

$$t_{total} = t_1 + t_2 + t_3 + t_n \qquad (4)$$

în care : t_1; t_2; t_3; t_n — sînt timpi [în minute], necesari pentru fiecare fază tehnologică, iar t_{total} = timpul tehnologic total, pentru executarea tuturor fazelor tehnologice.

Înlocuind valoarea lui L din (3), în (1), expresia (1) devine :

$$Q = [(v_d \times t_{total})\, B - 1bn]\, v \qquad (5)$$

Deoarece viteza de deplasare este dictată de productivitatea liniei de vopsire, (în consecință este un parametru fix) iar ceilalți parametri B, b, l fiind, de asemenea, invariabili (dați prin temă), rezultă că debitul de aer este funcție de viteza aerului în cabina de vopsire și de timpul total tehnologic, necesar pentru efectuarea tuturor operațiilor în interiorul cabinei.

Pentru a scoate în evidență influența mare pe care o au acești doi factori asupra debitului de aer și implicit asupra consumurilor energetice, vom lua în considerare o cabină tunel pentru vopsirea finală a caroseriilor autoturismelor de teren, avînd următorii parametri :

— dimensiunile pieselor l = 4,630 m ; b = = 1,800 m ; h = 1,700 m ;
— productivitatea P = 10 caroserii/h; 4000 kg/h 500 m²/h ;
— cantitatea de solvent degajată q = 60 kg/h în cabină
— pasul caroseriilor p = 6 m ;
— viteza de deplasare a caroseriilor în cabină v_d = 1 m/min ;
— debitul de aer introdus, respectiv evacuat Q = 480000 m³/h ;
— dimensiunile cabinei în plan orizontal L = 52 m ; B = 5 m ;
— puterea instalată pentru antrenarea pompelor și ventilatoarelor P_{inst} = 1220 KW

A. Reducerea debitului de aer prin micșorarea vitezei aerului insuflat (evacuat)

În vederea calculării energiei consumate și a costurilor energiei în exploatare vom determina :

a) E_1, energia consumată pe oră pentru antrenarea pompelor ventilatoarelor

$$E_1 = 1220 \text{ [KW]} \times l \text{ [h]} =$$
$$= 1220 \text{ [KWh]} = 402 \text{ [kg. c.c.]} \qquad (6)$$

deoarece 1 [KWh] = 0,33 [kg. c.c.]

b) Consumul caloric pentru încălzirea debitului de aer introdus în cabină în timp de iarnă, E_2

Consumul caloric E_2 va fi :

$$E_a = \rho Q (t_{cabină} - t_{min\ med})\, c \text{ în [KW]} \qquad (7)$$

unde Q = 480.000 [m³/h] = 133,5 [m³/sec.]

ρ = 1,3 [kg/m³] este masa specifică a aerului la 20°C ;
$t_{cabină}$ = 22°C temperatura impusă ;
$t_{min\ med}$ = — 5°C temperatura minimă medie a aerului pe o perioadă de 1000 ore de funcționare ;
c = 1 [kj/kg grad] — căldură specifică a aerului ;

Rezultă : $E_2 = 1{,}3$ [kg/m³] × 133,5 [m³/sec] × × (22+5) [grad] × 1 [kj/kg grd] =
= 4650 KW = 1640 kg cc/h = 4 Gcal/h

c) Consumurile specifice vor fi :
— pentru antrenarea pompelor și ventilatoarelor c_1

$$c_1 = \frac{E_1}{P} = \frac{402 \text{ [kg cc/h]}}{4000 \text{ [kg/h]}} = 0{,}1 \left[\frac{\text{kg cc}}{\text{kg}}\right] \qquad (8)$$

unde P = 4000 [kg/h] — este productivitatea instalației,

$$c_2 = \frac{E_2}{P} = \frac{1640 \text{ [kg cc/h]}}{4000 \text{ [kg/h]}} = 0{,}41 \left[\frac{\text{kg cc}}{\text{kg}}\right] \qquad (9)$$

$$c_1 + c_2 = 0{,}1 + 0{,}41 = 0{,}51 \left[\frac{\text{kg cc}}{\text{kg}}\right]$$

d) Costurile în exploatare : $C_1 + C_2$

1) Pentru antrenarea pompelor și ventilatoarelor C_1

$$C_1 = c_1 \times c_c \times f_1 \qquad (10)$$

unde :

f_1 = 5600 [ore pe an] este fondul de timp pentru funcționarea instalației în trei schimburi;
c_c = 2,95 lei, este costul unui kilogram de combustibil convențional.

$$C_1 = 0{,}1 \left[\frac{\text{kg cc}}{\text{kg}}\right] \times 2{,}95 \left[\frac{\text{lei}}{\text{kg cc}}\right] \times$$
$$\times\, 4000 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}}\right] \times 5600 \left[\frac{\text{ore}}{\text{an}}\right]$$

Rezultă :

$$C_1 = 6.608.000 \text{ [lei/an]}$$

2) Pentru încălzirea aerului în timp de iarnă, pentru un fond de timp f_2 de 1000 [ore/an] :

$$C_2 = c_2 \times c_c \times P \times f_2$$

$$C_2 = 0{,}41 \times 2{,}95 \times 4000 \times 1000 =$$

$$= 4.838.000 \text{ [lei/an]}$$

Rezultă :

$$C = C_1 + C_2 = 6.608.000 + 4.838.000 =$$

$$= 11.446.000 \text{ [lei/an]} \qquad (11)$$

Calculul vitezei aerului în cabina de vopsire

În conformitate cu expresia (1) viteza aerului va fi :

$$v = \frac{Q}{(LB - 1bn)} \text{ unde } Q = 480.000 \text{ [m}^3\text{/h]} =$$

$$= 133{,}5 \text{ [m}^3\text{/sec]}$$

$B = 5$ m ; $l = 4{,}6$ m ;

$L = 52$ m ; $b = 1{,}8$ m ;

$n = 8{,}6$ bucăți

$$v = \frac{133{,}5 \text{ [m}^3\text{/sec]}}{(52 \times 5) - (1{,}8 \times 4{,}6 \times 8{,}6) \text{ [m}^2\text{]}} =$$

$$= 0{,}71 \text{ [m/sec]}$$

Viteza aerului calculată este în conformitate cu tabelul 2 din [1].

Viteza aerului în cabinele de vopsire cu fiux de aer vertical

Tabelul 2

Productivitate [m²/n]	Viteza aerului [m/s]	
	Pulverizare convențională	Pulverizare electrostatică
mică *)	0,3—0,4	0,15—0,2
medie **)	0,5—0,6	0,25—0,3
mare ***)	0,7—0,8	0,35—0,4

* productivitate mică P<20 m²/h
** productivitate medie 20<P<60 m²/h
*** productivitate mare P>60 m²/h

Precizăm, însă, că normele franceze [2] stabilesc că vitezele aerului în cabinele de vopsire cu insuflare verticală a aerului, măsurate în 10 puncte ale cabinei (fig. 2), trebuie să fie de minim 0,4 [m/sec] și în nici un caz mai mică de 0,3 [m/sec], iar normele germane [3] prevăd o viteză de 0,5 [m/sec.].

Luînd in considerare aceste norme, determinările efectuate de atelierul de specialitate din I.C.T.C.M. în ultimii ani și faptul că vitezele mari duc, simultan cu creșterea debitelor de aer (implicit a consumurilor energetice), la

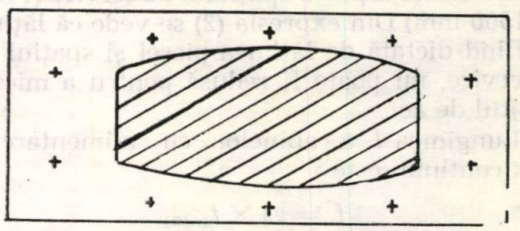


Fig. 2 Repartiția punctelor în care se face măsurarea vitezelor într-o cabină de vopsire a autoturismelor.

pierderi suplimentare de vopsea (aspirată de instalația de ventilație), propunem micșorarea vitezelor în cabinele de vopsire, la valorile din tabelul 3. Deci se propune, pentru vopsirea produselor de serie ($p > 60$ m²/h), ca viteza în cabină să fie de 0,6 [m/sec] și în nici un punct mai mică de 0,5 [m/sec.].

Vitezele aerului în cabinele de vopsire cu flux de aer vertical

Tabelul 3

Productivitate [m²/h]	Viteza aerului [m/sec]	
	Pulverizare convențională	Pulverizare electrostatică
mică *)	0,3—0,4	0,15—0,2
medie **)	0,4—0,5	0,2 —0,25
mare ***)	0,5—0,6	0,25—0,3

* productivitate mică P<20 m²/h
** productivitate medie 20<P<60 m²/h
*** productivitate mare P>60 m²/h

În cazul luat în considerare, prin reducerea vitezei aerului de la 0,71 la 0,6 [m/sec], debitul de aer evacuat, respectiv introdus în cabină, precum și puterea instalată se vor reduce proporțional cu raportul :

$$\frac{0{,}6}{0{,}71} \text{ deci } Q_2 = 480.000 \frac{0{,}6}{0{,}71} =$$

$$= 406.000 \text{ [m}^3\text{/h]} = 112{,}5 \text{ [m}^3\text{/sec]}$$

iar :

$$P_2 = P_{inst.} \frac{0{,}6}{0{,}71} = 1030 \text{ [KW]}$$

Refăcînd calculele, în conformitate cu (6), (7), (8), (9), (10), (11) rezultă o economie de 605 [tcc/an], respectiv 1,79 [milioane lei/an].

Deoarece toate liniile de vopsire autoturisme sînt echipate cu două tunele de vopsire

(intermediară și finală), acestea avînd dimensiunile practic egale, economiile pentru linia de vopsire, luată în considerare, se vor dubla. Deci, prin reducerea vitezei aerului cu 15% se va realiza, pentru linia de vopsire, o economie de 1210 [tcc/an], respectiv 3,58 [milioane lei/an].

B. Reducerea debitului de aer prin micșorarea timpilor diverselor operații tehnologice

În figura 3 sînt indicate diversele faze tehnologice pentru cabina de vopsire finală luată în considerare.

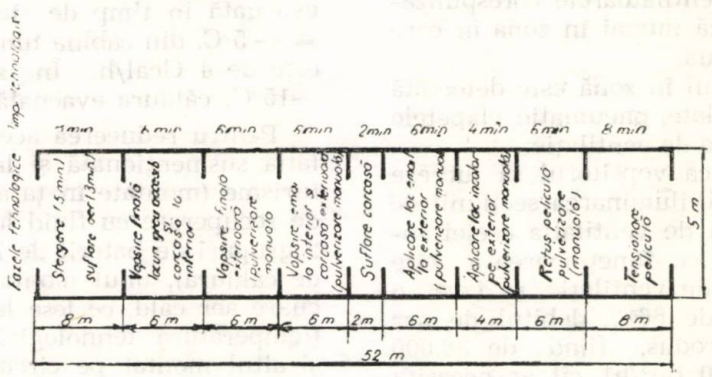


Fig. 3 Fazele și timpii tehnologici pentru o cabină tunel de vopsire finală.

Pentru timpul total tehnologic de 52 min. și viteza de deplasare a pieselor de 1 [m/min] a rezultat lungimea cabinei de 52 m.

Prin adoptarea unor procedee tehnologice, de aplicare a vopselei, cu productivități mari față de vopsirea convențională ca air-less, electrostatic, vopsire automată (manipulatori sau roboți), timpii tehnologici se pot micșora substanțial.

De exemplu, prin aplicarea vopsirii electrostatice, automate (la fazele indicate în fig. 4) și a micșorării numărului posturilor de lucru, timpul tehnologic total se reduce la 39 min, respectiv lungimea cabinei pentru viteza de 1 [m/min] se reduce la 39 m.

În acest caz, puterea instalată și debitul de aer se vor reduce cu 25%, față de valorile stabilite în paragraful anterior, adică $Q_3 = 84{,}375$ [m³/sec], iar $P_3 = 772{,}5$ [KW].

Refăcînd calculele, în conformitate cu (6), (7), (8), (9), (10), (11) rezultă consumurile specifice :

$$c_{1,3} = 0{,}063 \text{ [kg cc/kg]};$$

$$c_{2,3} = 0{,}259 \text{ [kg cc/kg]}$$

și costurile în exploatare :

$$C_{1,3} = c_{1,3} + c_{2,3} = 7{,}265.000 \text{ [lei/an]}$$

Față de valoarea $C = 11.446.000$ [lei/an], determinată anterior, rezultă o economie de 4,185 milioane [lei/an], respectiv 1410 [t.c.c.].

Considerînd, ca și înainte, că linia de vopsire este echipată cu două tunele de vopsire (intermediară și finală), economia prin reducerea vitezei de la 0,71 la 0,6 [m/sec] și scurtarea cabinelor de la 52 m la 39 m (prin introducerea unor tehnologii noi, avansate) va fi de 8,36 [milioane/lei/an] respectiv 2820 [tcc/an].

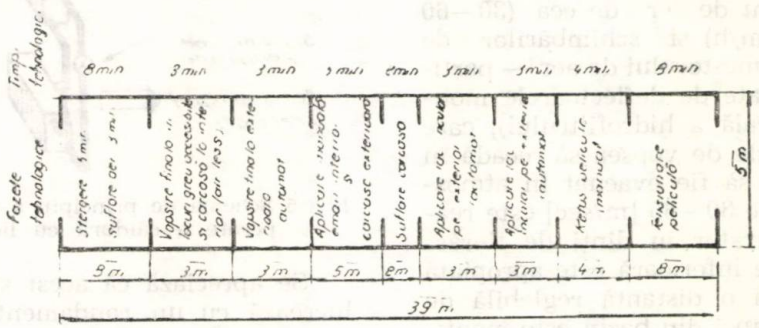


Fig. 4 Fazele și timpii tehnologici reduși pentru o cabină de vopsire finală.

C. Reducerea debitului de aer și a puterilor instalate prin metode constructive

Cabine de vopsire pentru piese mici

În cazul cabinelor de vopsire pentru piese de serie mică, dar cu gabarit mare (de exem-

plu rezervoare, construcții sudate de gabarit mare etc.), se recomandă secționarea ventilației pe zone de lucru, cu ventilarea (atît de evacuare, cît și de introducere) numai a secțiunii corespunzătoare zonei în care se lucrează. Acest sistem este deja utilizat în țară, la o serie de instalații date în funcțiune în urmă cu cîțiva ani, dar sistemul se poate îmbunătăți aplicînd soluția propusă de o firmă franceză [4].

Într-o cabină de 18 m lungime, au fost delimitate 6 (șase) zone de cîte 3 m lungime. Fecare zonă este racordată la cîte o tubulatură de introducere, respectiv la cîte o fosă de extracție, racordată la ventilatoarele corespunzătoare, care funcționează numai în zona în care se pulverizează vopseaua.

Prezența vopsitorului în zonă este detectată automat și sînt comandate, pneumatic, clapetele montate pe tubulaturile de ventilație.

Pentru a se evita ca vopsitorul să lucreze într-o zonă neventilată, iluminarea secțiunii de lucru este condiționată de ventilația acelei zone. Prin acest sistem, cu funcționarea a cîte două din cele 6 zone de ventilație, se face o economie de energie de 66%, debitul de aer insuflat, respectiv introdus, fiind de 36.000 [m^3/h], față de 108.000 [m^3/h], cît ar necesita ventilarea întregii cabine.

Cabine de vopsire sau standuri de vopsire pentru productivitate medie : $20<P<60$ m^2/h

Se recomandă perfecționarea și extinderea sistemului de cabină NO—PUMP (fără pompă de recircularea apei din hidrofiltru), care se bazează pe fenomenul smulgerii unui strat de apă de la suprafața bazinului hidrofiltrului, datorită fenomenului de absorbție-ejecție provocat de un curent de aer de cca. (30—60 [m/sec] (100÷200 km/h) și schimbărilor de direcție succesiv ale amestecului de aer — particule de vopsea (cauzate de deflectoarele montate pe partea verticală a hidrofiltrului), care obligă apa cu particule de vopsea să recadă în hidrofiltru, iar aerul să fie evacuat în atmosferă. Viteza aerului de 30—60 [m/sec] este realizată printr-un obturator în dinți de fierăstrău, a cărui margine inferioară este apropiată de suprafața apei, la o distanță reglabilă de 35—70 mm. Nivelul apei din bazin este menținut constant, prin deschiderea și închiderea unui robinet comandat de un presostat, care controlează presiunea după deflectorul de distribuție.

Este evident că eliminarea pompei de recirculare va duce la eliminarea motorului de antrenare și implicit a consumurilor energetice.

Cabine de vopsire sau platforme de vopsire pentru productivitatea mică ($p<20$ m^2)

Se recomandă înlocuirea filtrării umede a aerului evacuat cu o filtrare uscată, prin filtre metalice sau de tip NETEX — Bistrița, filtru care se îndepărtează după ancrasarea cu vopsea. Acestea avînd o rezistență (în stare curată) de cîțiva [mm CA], ventilatoarele de exhaustare vor fi de mică presiune, respectiv de putere mică.

D) Reducerea consumurilor energetice prin recuperare parțială a căldurii conținută de aerul cald, evacuat în timp de iarnă din cabinele de vopsire

a) Recuperatoare cu lichid intermediar

După cum s-a calculat anterior, căldura evacuată în timp de iarnă, pentru $t_{mediu} = -5°C$, din cabina tunel luată în considerare, este de 4 Gcal/h. În zilele geroase pentru —15°C, căldura evacuată va fi de 5,5 Gcal/h.

Pentru reducerea acestor pierderi, la instalația susmenționată și la vopsitoriile de autoturisme (montate în țară), s-a utilizat sistemul de recuperare cu fluid intermediar, format din 2 grupuri de baterii de încălzire (schimbătoare de căldură), unul montat pe circuitul de evacuare aer cald, ce iese la temperatura de 22°C (temperatura tehnologică de lucru în cabine) și altul montat pe circuitul de aer proaspăt, care se introduce în cabină. Aerul cald evacuat predă o parte din căldură grupului de baterii prin care trece, căldura fiind preluată de lichidul intermediar (glicol), recirculat de un sistem de pompare, care o predă bateriilor montate pe circuitul de aer proaspăt rece, care se introduce în cabină (fig. 5).

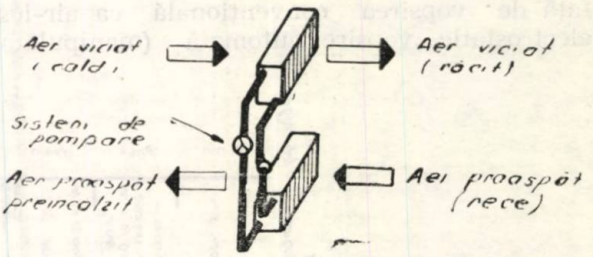


Fig. 5 Schema de principiu a unei instalații de recuperare a căldurii cu lichid intermediar.

Se apreciază că acest sistem de recuperare lucrează cu un randament de 35—40%, deci numai pentru cabina de vopsire finală se poate face o economie în timp de iarnă de 2,2 [Gcal/h] (pentru $t_{ext.} = -15°C$) sau 1,6 [Gcal/h] (pentru $t_{ext.\,med.} = -5°C$)

b) Recuperatoare de căldură cu tuburi termice

INCERC — București a realizat recuperatoare de căldură cu tuburi termice, care au dat bune rezultate. Bateriile clasice, au aripioare, sînt înlocuite cu baterii echipate cu tuburi termice. Un tub termic (fig. 6) este o incintă

tubulară, ermetic închisă, al cărui perete interior este tapetat cu o structură capilară, saturată de o mică cantitate de lichid [5].

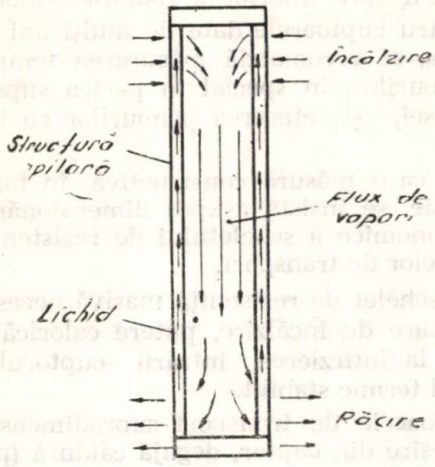


Fig. 6 Tub termic.

Pentru temperaturi situate între 30°C și 70°C se utilizează freonul.

Dacă tubul este montat cu un capăt într-un curent de aer cald, iar cu celălalt într-un curent de aer rece, lichidul se evaporă în porțiunea încălzită, vaporii se condensează în porțiunea răcită a tubului, iar condensul se

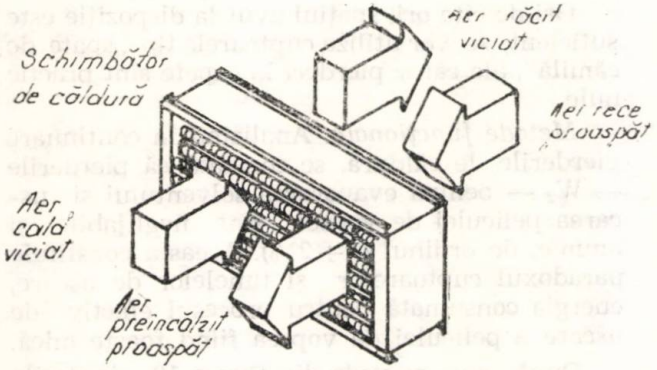


Fig. 7 Schimbător de căldură cu tuburi termice.

reîntoarce către porțiunea încălzită prin capilaritate.

În figurile 7 și 8 se arată un schimbător de căldură cu tuburi termice și modul de implementare a acestuia pe conductele de aer cald evacuat și aer-proaspăt introdus.

Ținînd seama că acest sistem de recuperare lucrează conform determinărilor efectuate de INCERC, cu randament de circa 65—75%, se recomandă extinderea acestui sistem și la instalațiile de recuperare pentru cabinele de vopsire.

c) Recuperatoarele de căldură rotative

Recuperatorul rotativ (fig. 9) este format dintr-o masă poroasă rotativă care poate absorbi căldura din curentul de aer cald și o cedează curentului de aer rece. Și acest sistem a fost realizat de INCERC și asimilat de ICPAIUC — București, dar numai pentru recu-

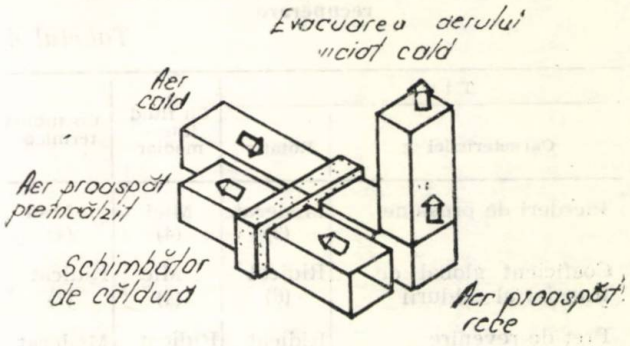


Fig. 8 Implementarea tuburilor termice într-o instalație de ventilație.

perarea căldurii din aerul halelor industriale. Deoarece materialul din care a fost confecționat rotorul (folii de PVC ondulate) este atacat de solvenții conținuți în aerul evacuat, s-au făcut experimentări de către INCERC cu un prototip, cu rotorul executat din folie subțire de aluminiu, rezultatele pînă în prezent nefiind concludente.

Deși lucrează cu un randament de circa 80%, recuperatorul rotativ are dezavantajul că necesită spații mari de montaj, (diametrul rotorului fiind proporțional cu debitele de aer) totuși sistemul trebuie să constituie o preocupare pentru viitor, în special pentru vopsitoriile ce vehiculează debite mari de aer.,

Pentru orientare în alegerea sistemului de recuperare, în tabelul 4 sînt redate caracteristicile și punctajul celor 3 tipuri de sisteme de recuperare.

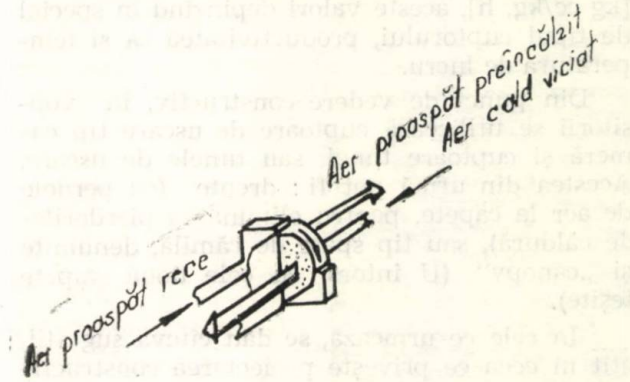


Fig. 9 Recuperator de căldură rotativ tip ECONOVENT.

Din tabelul 4, rezultă superioritatea performanțelor recuperatoarelor cu tuburi termice. Ținînd seama că volumul necesar schimbătoarelor cu tuburi termice este aproximativ egal

cu cel al schimbătoarelor de căldură echipate cu baterii clasice și este mult mai mic decît volumul recuperatoarelor rotative, este necesar

Caracteristici și punctaj pentru sistemele de recuperare

Tabelul 4

Tip / Caracteristici	Rotativ	Cu fluid intermediar	Cu tuburi termice
Pierderi de presiune	Moderate (3)	Mici (4)	Mici (4)
Coeficient global de transfer al căldurii	Ridicat (6)	Mic (4)	Ridicat (7)
Preț de revenire	Ridicat (2)	Ridicat (2)	Moderat (5)
Energie auxiliară	Da (0)	Da (0)	Nu (5)
Posibilități de amestec al fluidelor	Da (0)	Nu (5)	Nu (5)
Suprafața de schimb raportată la volum	Ridicată (4)	Moderată (3)	Ridicată (4)
TOTAL PUNCTAJ	(15)	18	30

ca sistemul de recuperare cu tuburi termice să se extindă cît mai curînd, la instalațiile de recuperare a căldurii înmagazinate de aerul cald, evacuat în timp de iarnă din cabinele de vopsire.

d) Reducerea consumurilor energetice ale cuptoarelor de uscare

După cum s-a văzut anterior, consumurile specifice de energie ale cuptoarelor de uscare variază în limite largi : 0,2 [kg cc/kg, h] — 0,6 [kg cc/kg, h], aceste valori depinzînd în special de tipul cuptorului, productivitatea sa și temperatura de lucru.

Din punct de vedere constructiv, în vopsitorii se utilizează cuptoare de uscare tip cameră și cuptoare tunel, sau tunele de uscare. Acestea din urmă pot fi : drepte (cu perdele de aer la capete, pentru eliminarea pierderilor de căldură), sau tip spate de cămilă, denumite și „canopy" (U întors cu cele două capete teșite).

În cele ce urmează, se dau cîteva sugestii, atît în ceea ce privește proiectarea constructivă, cît și cea funcțională pentru reducerea acestor pierderi.

Metode constructive. În primul rînd, se vor utiliza panouri izolante corespunzătoare temperaturii maxime la care va lucra cuptorul, cu grosimi diferențiate în funcție de poziția pe care o au : pardoseală, tavan, pereți laterali, generator de aer cald.

Este de preferat ca vata minerală (izolația clasică) să fie înlocuită cu pături de silan, acoperite cu folie de aluminiu care are și rolul reflectării spre interior a radiației calorice).

Pentru cuptoarele date de mulți ani în exploatare, se recomandă măsurarea temperaturii panourilor, în special în partea superioară a carcasei, și refacerea panourilor cu izolație tasată.

Tot ca o măsură constructivă, în faza de concepție, se insistă asupra dimensionării cît mai economice a scheletului de rezistență și a mijloacelor de transport.

Un schelet de rezistență masivă necesită un timp mare de încălzire, putere calorică mare, ducînd la întîrzierea intrării cuptorului în regimul termic stabilit.

Mijloacele de transport supradimensionate, după ieșire din cuptor, degajă căldură (proporțională cu masa acestora) mediului ambiant, iar în cazul liniilor de vopsire complexe, unde se aplică mai multe straturi, pierderile de căldură vor fi proporționale cu numărul de straturi de protecție depuse. Tot pentru reducerea pierderilor, pentru cuptoarele-tunel deschise la capete se recomandă perdele de aer eficiente (cca. 500 [m^3/aer] pe m^2 al siluetei de trecere), cu presiuni ale ventilatoarelor mai mari decît presiunea ventilatoarelor de recirculare aer cald.

Ori de cîte ori, spațiul avut la dispoziție este suficient, se vor utiliza cuptoarele tip „spate de cămilă", ale căror pierderi la capete sînt practic nule.

Metode funcționale. Analizînd în continuare pierderile de căldură, se constată că pierderile — W_2 — pentru evaporarea solventului și uscarea peliculei de vopsea sînt neglijabile și anume, de ordinul ($1 \div 2\%$). Aceasta constituie paradoxul cuptoarelor și tunelelor de uscare, energia consumată pentru procesul efectiv de uscare a peliculei de vopsea fiind foarte mică.

După cum se vede din figura 10, pierderile — w_3 — pentru încălzirea aerului proaspăt introdus, în vederea compensării aerului evacuat, pentru menținerea concentrației vaporilor de solvent sub limita de explozie, sînt importante, depășind în cazul cuptoarelor cameră, mai mult de 50% din pierderile totale.

Deoarece pentru majoritatea solvenților folosiți în procesele de vopsire, limita superioară de explozie, este cuprinsă între 0,88 și 2,76%, în volume, toate normele internaționale au fixat drept limită superioară de explozie valoarea 0,80%, în volume. Calculul debitului evacuat, respectiv de aer proaspăt introdus, se efectuează în principiu, transformînd cantitatea de solvent în volume și raportînd aceste volume la spațiul (volumul) pentru care se face determinarea. Pentru calcule detaliate, pot fi consultate unele lucrări de specialitate [6].

Precizînd că faza de evaporare maximă a solventului în cuptoarele cameră are loc în primele minute, după cum se vede în figura 11, unde sînt redate curbele de evaporare (pentru 90°C, 130°C și 160°C), deoarece 70% din solvent se evaporă în primele 60 sec și 90% în primele minute, se recomandă folosirea pe scară largă a cuptoarelor cameră cu comandă program, realizate de I.C.T.C.M., avînd în funcțiune ventilatorul prevăzut pentru evacuarea solventului în primele 5 minute de evaporare intensă (la începerea circuitului de uscare) și în ultimele 5 minute la terminarea (pentru aerisirea cuptorului).

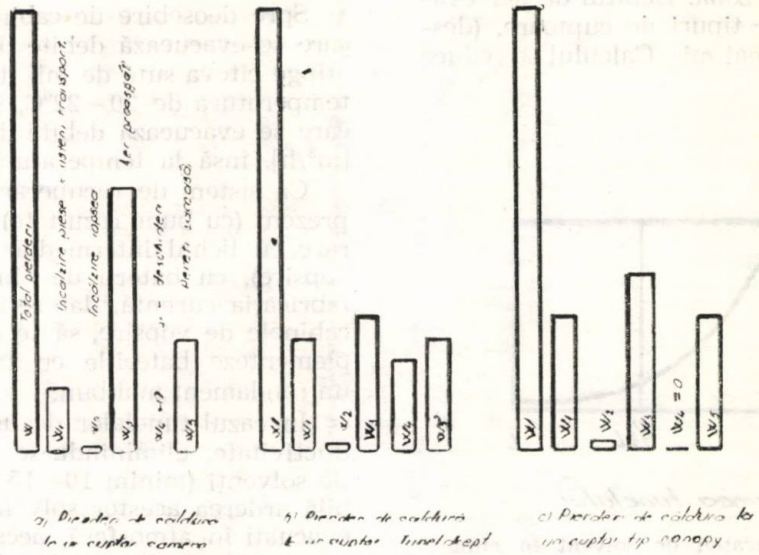


Fig. 10 Pierderile de căldură în diverse tipuri de captoare de uscare.

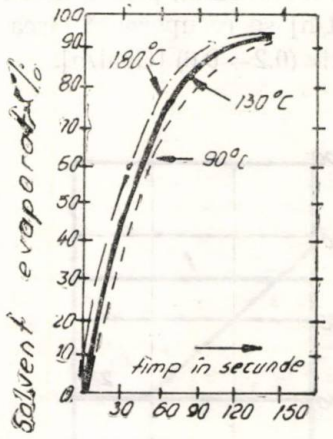


Fig. 11 Curbă de evaporare a solventului într-un cuptor cameră.

Firme străine [7] au realizat sisteme automate de menținere a concentrației de solvent în interiorul cuptorului, sub limta de explozie, insuflînd aer proaspăt în cantități variabile în timp, funcție de curba de vaporizare a solventului sau solvenților utilizați.

În cazul cuptoarelor-tunel, evopararea maximă a solventului, se realizează în prima treime din lungimea tunelului, conform reprezentării din figura 12.

Pierderi de căldură pentru diverse tipuri de cuptoare

Tabelul 5

Pierderi [%] / Sisteme	Cuptoare cameră	Tunele drepte	Tunele Canopy
Încălzirea pieselor și sistemul de transfer	$w_1 = 10—15\%$	$w_1 = 15—25\%$	$w_1 = 15—30\%$
Evaporarea solventului și uscarea vopselei	$w_2 = 0{,}5—1\%$	$w_2 = 0{,}5—1{,}5\%$	$w_2 = 1—2\%$
Aerul cald evacuat și compensat cu aer proaspăt	$w_3 = 50—60\%$	$w_3 = 25—30\%$	$w_3 = 30—40\%$
Prin deschideri și neetanșeități	$w_4 = 0$	$w_4 = 15—20\%$	$w_4 = 0$
Prin carcasa izolantă a cuptorului și generatorului de aer cald	$w_5 = 20—25\%$	$w_5 = 20—25\%$	$w_5 = 20—30\%$

De aceea se recomandă ca evaporarea noxelor, repectiv introducerea aerului proaspăt, să se facă în această zonă. Debitul de aer evacuat, în cazul acestor tipuri de cuptoare, (deschise la capete) este mai mic. Calculul se reduce

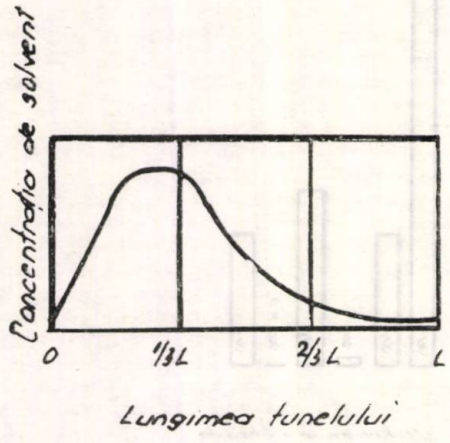


Fig. 12 Variația concentrației de solvent în cuptoarele tunel.

la aflarea raportului dintre cantitatea maximă de solvent introdus în cuptor într-o secundă exprimată în [m³/sec], notată cu — D — și concentrația volumică, maximă admisibilă :

$$L = \frac{D}{C_{ad}} \quad [m^3/sec]$$

unde : $C_{ad} = 8.10^{-3}$.

Pentru un calcul simplificat la cuptoarele-tunel, trebuie evacuat un debit de 1 [m³] aer pentru 8 [g] solvent evacuat.

S-a insistat asupra acestor determinări, pentru că în exploatare sînt multe cuptoare-tunel, date în funcțiune cu mai mulți ani în urmă și care au debitele de aer evacuate mult prea mari față de necesar.

Prin reglajul șibărelor, aceste debite pot fi reduse la valori corespunzătoare.

Nu se poate închide acest paragraf, fără menționarea cîtorva **posibilități de optimizare a cuptoarelor de uscare,** încălzite cu generatoare de aer cald cu gaz și anume :

— reglajul arderii (amestec „gaz — aer de combustie") pentru obținerea unui randament optim ;

— evacuarea gazelor arse la o temperatură cît mai joasă și la debite minime ;

— menținerea unei presiuni constante a gazului, prin regulatoare, stabilizatoare de presiune ;

— utilizarea unor arzătoare, sau instalații de ardere omologate, numai după obținerea unor buletine de încercări, date de comisii autorizate.

Recuperarea căldurii din aerul evacuat la cupoarele de uscare

Spre deosebire de cabinele de vopsire, la care se evacuează debite de aer mari (putînd atinge cîteva sute de mii de [m³/h, cabină], la temperatura de 20—22°C, la cuptoarele de uscare se evacuează debite de ordinul $(10^2 \div 10^3)$ [m³/h], însă la temperaturi de $(100 \div 200)^0$C.

Ca sistem de recuperare, se utilizează în prezent (cu bune rezultate) sistemul de recuperare cu lichid intermediar (ca la cabinele de vopsire), cu baterii de încălzire — răcire din fabricația curentă, dar se recomandă, ca și la cabinele de vopsire, să se execute și să se implementeze bateriile cu tuburi termice, avînd un randament mai bun.

În cazul tunelelor de uscare de mare productivitate, eliminîndu-se cantități importante de solvenți (minim 10—15 kg/h), devine rentabilă arderea acestor solvenți, înainte de a fi evacuați în atmosferă, aceștia avînd o putere calorică de 8.000÷11.000 [Kcal/kg] și cedarea căldurii obținute aerului care se introduce în cuptor, pentru încălzirea pieselor.

În uscătoarele cu recuperatoare cu ardere catalitică a solventului, prin arderea a $(20 \div 60)$ [kg solvent/h] se recuperează circa $(230 \div 700)$ kW respectiv $(0{,}2 \div 0{,}6)$ [Gcal/h].

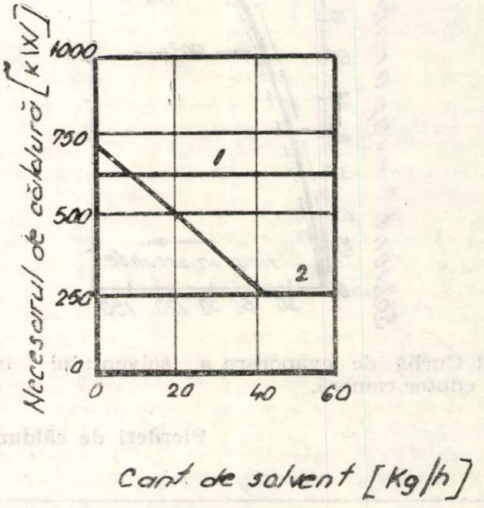


Fig. 13 Consumurile a două cuptoare de uscare.
1 — fără recuperarea energiei calorice a solventului.
2 — cu recuperare a energiei calorice a solventului.

În figura 13 sînt redate comparativ consumurile în [kW] a două cuptoare de uscare : pentru un tunel de uscare fără recuperare și cu recuperare, prin arderea catalitică a solventului.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x : Institutul de Cercetări Științifice pentru Protecția Muncii, Normativ de Protecția Muncii, Exploatare și Întreținere pentru vopsire — Indicativ V_{11}/1982 — 1983.

[2] x x x: Galvani-Organo nr. 2, 1984, — Le guide de ventilation des cabines et des postes de peinture, pag. 129.
[3] x x x: Sicherheitslehrbrief für Spritslakierer, Seite 13, Ausgabe 1965, Hanover.
[4] x x x: Galvano-Organo nr. 5/1984, pag. 447—448 — Cabines de peinture: la ventilation anti-gaspi.
[5] *Fet, D., Bilegan, C.:* Chaud, Froid, Plomberie, nr. 399. Les changeurs a caloducs dans les systemes de recupération de chaleur, pag. 76—80.
[6] *Popovici, D.:* Materiale, tehnologii și utilaje pentru vopsire în industria construcțiilor de mașini. Editura Tehnică, 1977.
[7] x x x : Finishing, novembre, 1984, Energy saving through exhaust monitoring.

CZ : 662.99 : 667.67

Tunele și cuptoare de uscare pentru pelicule de vopsea cu randamente energetice optime proiectate în I.C.T.C.M.

Ing. Anghel **POPESCU**, ing. Gheorghe **TEODORESCU**, ing. Cornel **VELCESCU**
ing. Leo **POPLICHER** — I.C.T.C.M. București

Straturile de vopsea aplicate pe suprafețele metalice se transformă în pelicule, fie prin simplă evaporare a solvenților, fie datorită fenomenelor chimice de copolimerizare și oxidopolimerizare, sau prin reacții chimice ale rășinilor din vopsele. Această transformare poate avea loc la temperatura ambiantă, sau la temperaturi ridicate, cuprinse între 80—200°C în felul expus mai jos.

În stratul de vopsea depus pe suprafața unei piese are loc, în prima fază, evaporarea amestecului de solvenți urmată de creșterea vîscozității acestuia.

Pe măsură ce solvenții se evaporă, la suprafața stratului continuă să fie aduse — prin curenții verticali sau turbulenți — noi cantități de vopsea de la baza stratului, mai bogate în solvenți.

Acest interval de timp, în care se evaporă componenții volatili și are loc uniformizarea elementelor componente ale vopselelor în stratul depus este faza denumită de **zvîntare a stratului de vopsea.**

În etapa următoare continuă evaporarea solvenților, moleculele liantului reacționînd între ele și formînd în final, un stadiu pelicular dur, în urma unor **procese de reticulare — uscare.**

Materialele peliculogene cu uscare în cuptor, folosite în tehnologiile de finisare, s-au diversificat continuu, urmărindu-se în permanență mărirea productivității (prin scurtarea timpului necesar pentru uscare), îmbunătățirea calității acestora, reducerea temperaturilor de uscare.

Uscarea în cuptor se poate defini ca o reacție chimică între moleculele liantului, fără intervenția oxigenului atmosferic. Această reacție chimică se produce între polimeri din aceiași categorie, rezultînd structuri de rețea care conferă filmelor de vopsea proprietăți protectoare.

Cantitatea de căldură necesară pentru ca reacția să se producă este specifică fiecărei asociații de polimeri, aceasta determinînd totodată timpul și temperatura de uscare proprie, care trebuie respectate apoi cu strictețe, în practică.

Gama lacurilor și vopselelor cu uscare în cuptor este în continuă creștere, căci astăzi există un număr mare de polimeri sintetici capabili a forma pelicule protectoare sau decorative.

C.C.P.A.L.V. (Centrul de Cercetări Protecții Lacuri și Vopsele), în urma studiilor și cercetărilor efectuate, dispune în prezent de o gamă largă de vopsele și emailuri cu uscare în cuptor, care pot fi grupate după anumite criterii :

— după asociația de polimeri (alchido-melaminice, alchido-ureice, epoxi-fenolice, epoximelaminice sau ureice, acrilice termoreactive acetoreticulante sau retinelabile cu alte rășini);

— după partea volatilă, respectiv după mediul de solubilizare a polimerilor (vopsele cu solvenți, vopsele cu apă).

În utimul timp, pentru a face față condițiilor economice, ecologice și de fiabilitate, în cadrul acelorași clase de polimeri, s-au dezvoltat noi tipuri de vopsele de tipul :

— alchidice, cu conținut mic de ulei (cca. 25%) ;

— poliesterice saturate fără ulei, sau cu conținut mic de ulei (5—10%) ;

— vopsele cu conținut crescut de corp solid;

— alchidice, poliesterice saturate, melamino-ureoformaldehidice, cu conținut mare de substanțe nevolatile (70—90%) și vîscozități relativ scăzute.

Acestea, pe lîngă calitățile obișnuite, posedă și un grad de toxicitate cît mai redus.

C.C.P.A.L.V. s-a preocupat de realizarea unor vopsele HIGH—SOLID, cu conținut mare de substanță uscată (de cca. 60—90%) și cu o vîs-

cozitate mică de aplicare (în jur de 25—30 sec. cupa ∅4 conform STAS 2096/68, față de vopselele obișnuite care conțin maximum 50% substanțe uscate. Aceste vopsele necesită un consum de maximum 40% solvenți, față de cele obișnuite cu minimum 50% solvenți.

Domeniul de utilizare intensă a acestor vopsele este specific industriei automobilelor, mai

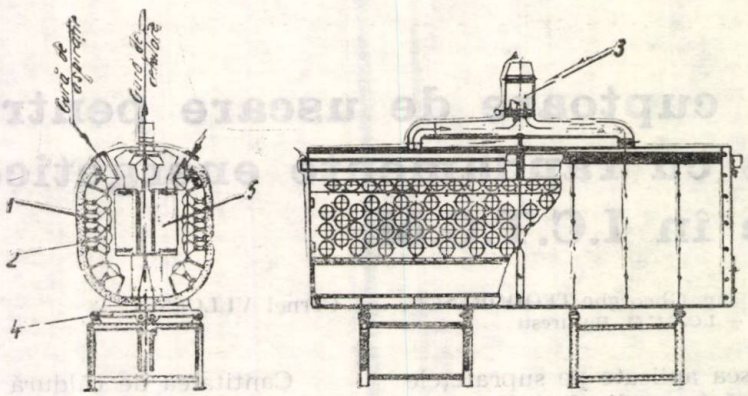


Fig. 1 Cuptor de uscare încălzit prin radiație
1 — carcasă ; 2 — lămpi cu radiații infraroșii ; 3 — tubulatură evacuare noxe ; 4 — suport reglabil ; 5 — măști reglabile.

ales sub formă de vopsele intermediare, sau în vederea elaborării unor grunduri anticorozive sau emailuri finale.

Avantajele utilizării acestor produse în industria automobilelor pot fi cuprinse în :

— economia de solvenți, în special de natură petrolieră (deficitari) ;

— economia de energie.

Într-adevăr, în vederea uscării vopselelor, de cuptor, se impune încălzirea aerului din cuptor pînă la atingerea unei temperaturi cuprinse între 120—180°C, și, deoarece în cuptor trebuie să se păstreze o concentrație sub limita de explozie, o parte din aerul aflat în cuptor împreună cu vaporii de solvenți rezultați să fie eliminat.

Deoarece, în cazul acesta, cantitatea de vapori de solvenți este mai mică, decurge că și volumul de aer necesar pentru antrenarea acestora va fi mai mic, deci și cantitatea de căldură consumată se reduce.

Ținînd seama de situația actuală în elaborarea unor tehnologii moderne corespunzătoare cerințelor actuale pe plan mondial, I.C.T.C.M. a studiat și elaborat unele utilaje menite a pune în practică aceste cerințe, din care le prezentăm pe cele mai importante.

Materialele peliculogene de protecție anticorozivă utilizate în prezent, sau preconizate a intra în exploatare în anii următori, precum și exigențele cerute de tehnologiile moderne ale proceselor industriale impun formarea peliculelor prin uscare-polimerizare la cald.

La nivelul polimerizării acoperirilor, trei tehnici și-au dovedit eficacitatea : uscarea prin convecție, uscarea prin radiație și uscarea prin convecție și radiație.

Utilizarea procedeului de uscare a peliculelor organice prin radiații sau prin radiație și convecție se limitează la polimerizarea lacurilor special preparate în procesele în care încălzirea pieselor pînă la temperatura de regim se face într-un timp scurt sau la uscarea vopselelor după operații de retuș.

Cuptoarele de uscare încălzite prin radiație (fig. 1) se utilizează pentru uscarea lacurilor și vopselelor, aplicate pe piesele metalice mici din table subțiri, sau pe produsele de serie cu aceeași formă, deoarece distanța între radianții luminoși și piese trebuie să fie constantă (cca. 300 mm).

Astfel de instalații au fost proiectate pentru industria electrotehnică.

Cuptoarele de uscare încălzite prin radiație și convecție (fig. 2) se utilizează la uscarea lacurilor și vopselelor aplicate pe piese mari (autobuze, troleibuze etc.).

Uscarea prin convecție forțată, cunoscută și sub numele de uscare cu aer pulsat, este cel mai răspîndit procedeu pentru uscarea lacurilor, prezentînd față de celelalte procedee următoarele **avantaje** :

— uniformizarea temperaturii în toate punctele cuptorului și pe toate suprafețele pieselor de uscat ;

— posibilități de termostatare, în limite mici de temperatură ±5°C ;

— randamente energetice superioare cca. (50%... 60%) ;

— posibilitățile utilizării oricărui agent termic.

Ponderea acestui procedeu rămîne în vopsitoriile moderne de circa 80%, extinzîndu-se în continuare în vopsitoriile nou construite.

metalelor prin acoperiri peliculogene, impun cuptoarelor industriale condiții de performanțe foarte stricte.

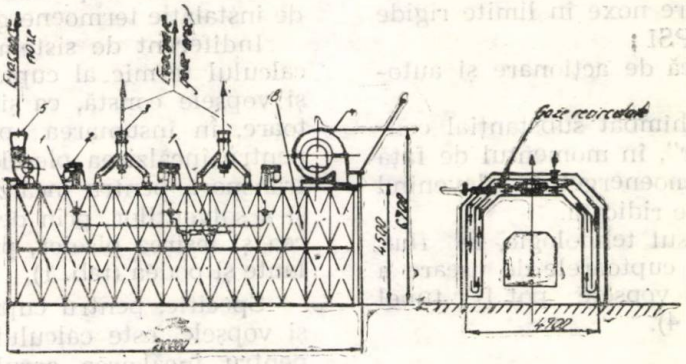


Fig. 2 Cuptor de uscare încălzit prin radiații și convecție.

1 — arzător cu gaze naturale ; 2 — ventilator de recirculare gaze arse, aspirație aer proaspăt și evacuare gaze arse ; 3 — tubulatură evacuare gaze arse ; 4 — ventilator de reciclare aer cald ; 5 — ventilator de evacuare noxe ; 6 — ușă ghilotină ; 7 — instalație de aprindere și supraveghere automată a flăcării ; 8 — carcasă termoizolantă.

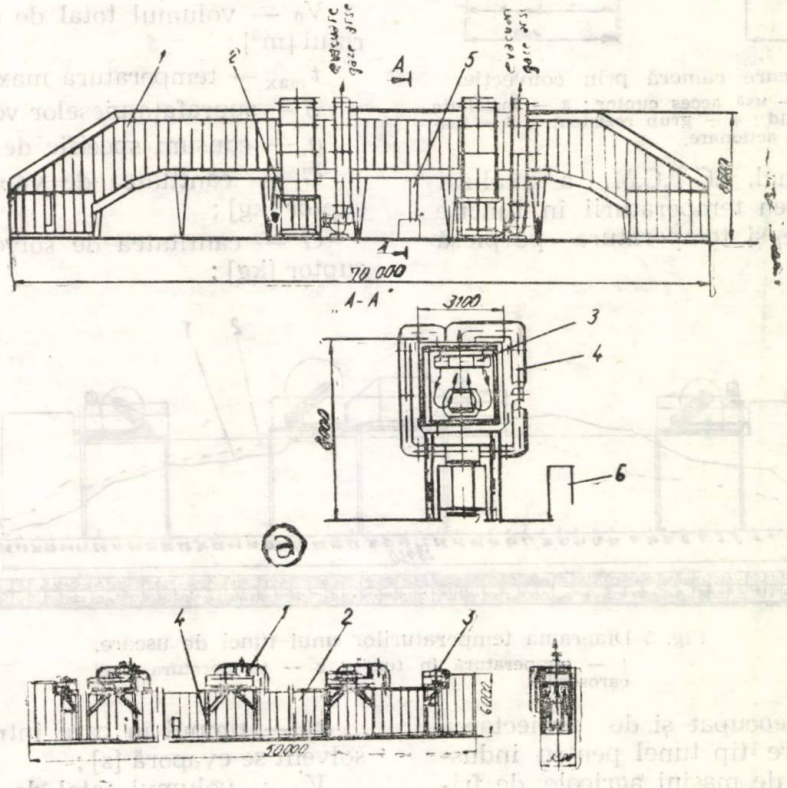


Fig. 3 Cuptoare de uscare încălzite prin convecție.

a) — tip „spate de cămilă". 1 — carcasă termoizolantă ; 2 — generator de aer cald ; 3 — cameră de mixare-omogenizare ; 4 instalație de recirculare aer cald ; 5 — sistem de evacuare noxe ; 6 — instalație electrică de acționare și automatizare.
b) — tip „drept" — 1 — generator de aer cald ; 2 — carcasă ; 3 — ventilator pentru perdea de aer ; 4 — platformă susținere ventilator.

Operațiile de încălzire, în cadrul unor tehnologii moderne de protecție a suprafețelor

În principal, un cuptor de uscare (fig. 3) este format din următoarele componente :

— carcasă termoizolantă ;
— generator de aer cald ;
— cameră de mixare-omogenizare ;
— instalație de recirculare aer cald ;
— sistem de evacuare noxe în limite rigide impuse de normativele PSI ;
— instalație electrică de acționare și automatizare.

Toate acestea au schimbat substanțial conceptul clasic de „cuptor", în momentul de față aceste instalații termoenergetice devenind agregate de complexitate ridicată.

În funcție de procesul tehnologic, în flux continuu sau staționar, cuptoarele de uscare a peliculelor de lacuri și vopsele pot fi tunel (fig. 3), sau cameră (fig. 4).

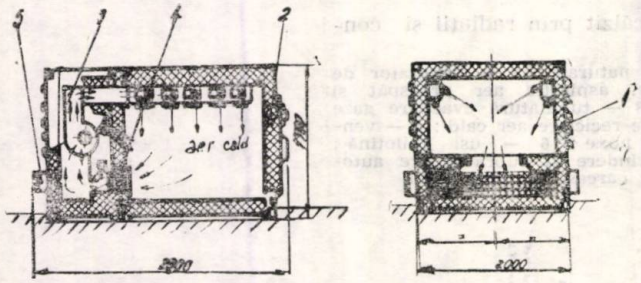


Fig. 4 Cuptor de uscare cameră prin convecție.
1 — carcasă ; 2 — ușă acces cuptor ; 3 — instalație recirculare aer cald ; 4 — grup rezistențe ; 5 — instalație electrică de acționare.

În cuptoarele tunel, I.C.T.C.M. a realizat diagrame de ridicarea temperaturii în funcție de durata de uscare și temperatura pe piesă (fig. 5).

Toleranțele strînse în care trebuie să aibă loc reglarea procesului de încălzire reclamă o aparatură de măsurare și reglare de precizie, care conferă cuptorului modern un caracter de instalație termoenergetică.

Indiferent de sistemul de încălzire utilizat, calculul termic al cuptoarelor de uscare lacuri și vopsele constă, ca și la alte tipuri de cuptoare, în însumarea pierderilor de căldură : pentru încălzirea pieselor și a sistemului de transport, pentru încălzirea peliculei de vopsea și a solvenților, prin deschiderile pentru intrarea și ieșirea piselor, prin pereții carcasei izolante și podea (tab. 1).

Specific, pentru cuptoarele de uscare lacuri și vopsele, este calculul pierderilor de căldură pentru încălzirea aerului proaspăt introdus, pentru menținerea concentrației de solvent sub limita inferioară de explozie (după cum prezentăm în exemplul care urmează), într-un cuptor cameră cu aer cald recirculat și cu evacuarea forțată a aerului (tab. 2).

În acest tabel s-au folosit următoarele notații și formule de calcul :

V_0 — volumul total de evaporare a cuptorului [m^3] ;

t_{max} — temperatura maximă de uscare [°C]

S — suprafața pieselor vopsite [m^2] ;

g — consum specific de vopsea [kg/m^2] ;

G_1 — cantitatea de vopsea evaporată în cuptor [kg] ;

G — cantitatea de solvent evaporată în cuptor [kg] ;

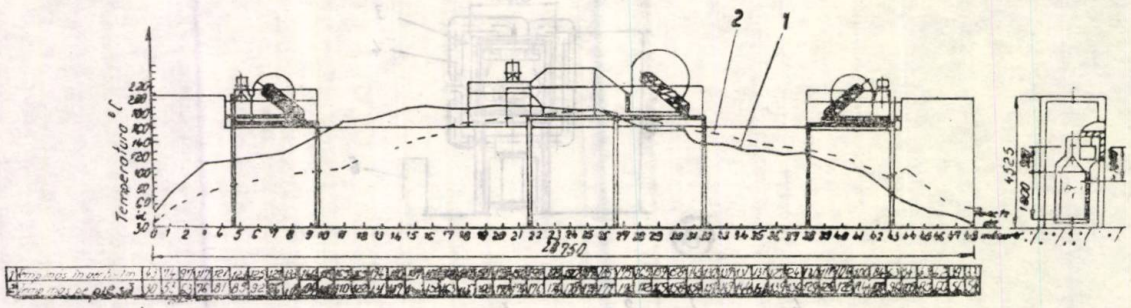


Fig. 5 Diagrama temperaturilor unui tunel de uscare.
1 — temperatură în tunel ; 2 — temperatura unei caroserii.

I.C.T.C.M. s-a preocupat și de proiectarea cuptoarelor de uscare tip tunel pentru industria de autoturisme, de mașini agricole, de frigidere etc.

Cuptoarele-cameră se utilizează la uscarea produselor de serie mică din industria aeronautică, electrotehnică, mecanicii fine etc.

Astfel, pentru polimerizarea maselor plastice, utilizate ca strat de protecție pentru acoperirea suprafeței metalelor, se cere adesea ca temperatura să fie menținută constantă, cu abateri maxime de ±5°C față de temperatura prescrisă.

t_0 — timpul în care întreaga cantitate de solvent se evaporă [s] ;

V_s — volumul total de vapori de solvent [m^3] ;

C_t — concentrația totală în volume a vaporilor de solvent din cuptor ;

C_{ad} — concentrația maximă admisibilă vaporilor de solvent [m^3 solvent/m^3 aer].

L — cantitatea de aer proaspăt ce trebuie introdusă [m^3/h] ;

tw — durata pentru o singură reîmprospătare de aer a spațiului de evaporare [s].

Tabel de calcul termic a cuptoarelor de uscare — tip „spate de cămilă"

Tabelul 1

W_1 — Pierderile de căldură pentru încălzirea pieselor și sistemului de transport.

W_2 — Pierderile de căldură pentru încălzirea peliculei de vopea și solvenților.

W_3 — Pierderile de căldură pentru încălzirea aerului proaspăt introdus pentru menținerea concentrației de solvent sub limita inferioară de explozie.

W_4 — Pierderile de căldură prin deschiderile pentru intrarea și ieșirea pieselor.

W_5 — Pierderile de căldură prin pereții carcasei izolante și podea.

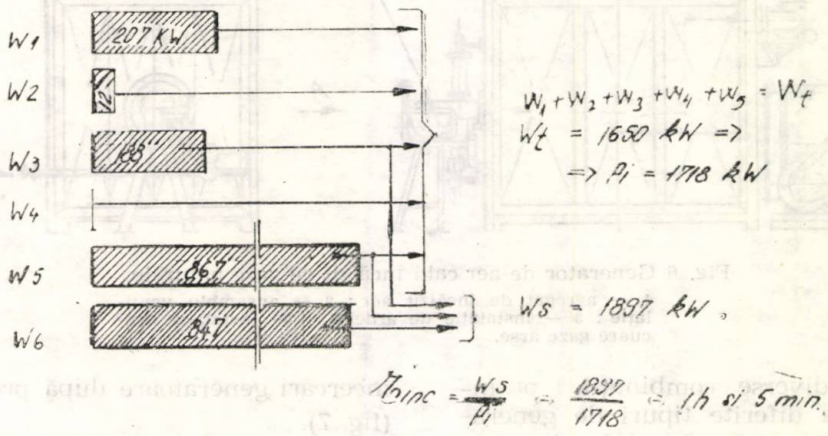
W_6 — Pierderile pentru încălzirea masei carcasei și a părților metalice din interiorul carcasei.

W_s — pierderi de căldură în regim staționar (la pornirea cuptorului inclusiv transportorul aferent).

W_t — pierderi de căldură totale.

P_1 — putere termică instalată.

τ_{inc} — timpul de încălzire.



Formule de calcul

$$t_0 = \frac{9300}{t_{max}} \text{ [s]}$$

$$V_S = \frac{GT_{max}10^{-4}}{1{,}22\ M} \text{ [m}^3\text{]}$$

$$C_t = \frac{V_s}{V_0} \times 100 \text{ [\%]}$$

$$L = \frac{V_0}{t_W} \text{ [m}^3\text{/s]}$$

I.C.T.C.M. s-a preocupat de tipizarea celor mai importante componente ale acestor instalații : generatoare de aer cald și panouri termoizolante.

În stadiul actual s-au introdus sistemele de încălzire cu generatoare de aer cald.

Acest procedeu realizează încălzirea aerului necesar pentru uscarea peliculei de vopsea într-un utilaj special, în generatorul de aer o unitate de sine stătătoare. Aceste generatoare se pot adopta oricărui proces tehnologic de vopsire, și pot folosi, pentru încălzirea aerului combustibil disponibil din întreprinderea respectivă (fig. 6).

I.C.T.C.M. a reușit, în urma unor studii și experimental, să adopte un sistem tipizat de generatoare de aer cald, adaptabil la necesarul caloric și tipul de combustibil ce se poate utiliza în diverse unități productive.

Astfel, s-au proiectat, realizat și omologat o gamă de generatoare de aer cald, care să producă de la 0,100 Gcal/h pînă la 0,460 Gcal/h și care să utilizeze drept combustibil gaze naturale, combustibil lichid ușor, energie electrică, abur, sau apă supraîncălzită.

Valorile calculate pentru cantitatea de aer evacuat necesară pentru menținerea concentrației de vapori sub formă limita de explozie

Tabelul 2

V_e	t_{max}	S	g	G_1	G	t_0	V_s	Ct	Cad/c	t_0/t_w	t_w	L	n_s
[m³]	[°C]	[m²]	[kg/m²]	[kg]	[kg]	[s]	[m³]	—	—	—	[s]	[m³/s]	[l/h]
10	180	25	0,150	3,75	0,6562	5166	0,24	0,024	0,3285	1,4	37	0,27	97,3

Principiul de funcționare este același, indiferent de tipul de combustibil folosit (tab. 3).

Din gama de tipodimensiuni creată, se pot utiliza diferite subansambluri principale ale generatorului, în diverse combinații, putîndu-se astfel obține diferite tipuri de generatoare în funcție de puterea calorică și combustibilul folosit. Această gamă de tipodimensiuni are ca efect o substanțială reducere a prețului de cost. Generatoarele de aer cald, fiind cuprinse într-o gamă de tipodimensiuni bine stabilită, pot fi realizate într-o anumită unitate producătoare corespunzător dotată cu dispozitivele și sculele necesare (I. Autoturisme Pitești).

Pentru omologarea și experimentarea generatoarelor de aer cald, executate în cadrul de tipodimensiuni, la Întreprinderea Autoturisme Pitești, s-a realizat un stand de încercări generatoare după proiectul I.C.T.C.M. (fig. 7).

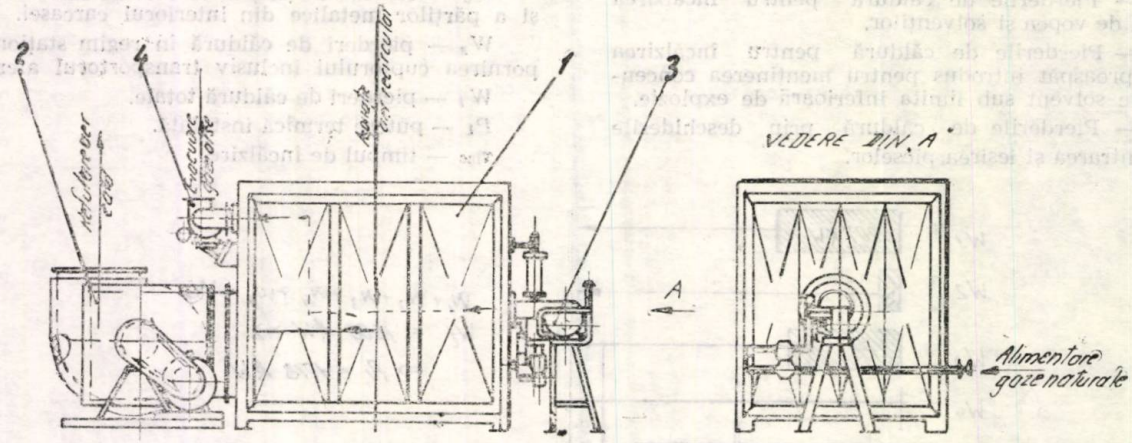


Fig. 6 Generator de aer cald încălzit cu gaze naturale.
1 — agregat de încălzit aer ; 2 — ansamblu ventilație ; 3 — instalație de ardere ; 4 — instalație evacuare gaze arse.

Standul simulează utilajul care folosește generatorul de aer cald. Pe acest stand se poate încerca toată gama de tipodimensiuni de generatoare indiferent de combustibilul utilizat.

Spre exemplificare, se redă unul din buletinele de încercări indicate pe acest stand de probe (tab. 4).

Gama de tipodimesiuni pentru generatoare de aer cald

Tabelul 3

Tipul generatorului de aer cald	Simbol	Puterea calorică [Gcal/h]	Ansamblu ventilație (aspirație) Tipul ventilatoarelor											
			VRS 500			VRS 630			VRS 800			VRSD 900		
			Sus	Jos	Post.	Sus	Jos	Post.	Sus	Jos	Post.	Sus	Jos	Post.
Cu gaze naturale	GACG 145	0,145	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—
	GACG 230	0,230	—	—	—	×	×	×	×	×	×	—	—	—
	GACG 460	0,460	—	—	—	—	—	—	×	×	×	—	—	—
	GACG 580	0,580	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×
Cu combustibil lichid ușor	GACL 145	0,145	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—
	GACL 230	0,230	—	—	—	×	×	×	×	×	×	—	—	—
	GACL 460	0,460	—	—	—	—	—	—	×	×	×	—	—	—
	GACL 580	0,580	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cu energie electrică	GACE 100	0,100	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—
	GACE 200	0,200 . . . 0,270	—	—	—	×	×	×	×	×	×	—	—	—
Cu abur de joasă pres. sau apă supraîncălzită	GACA 200	0,100 . . . 0,200	×	×	×	×	×	×	—	—	—	—	—	—
	GACA 350	0,350	—	—	—	—	—	—	×	×	×	—	—	—

Panourile termoizolante, elementele constructive și componentele tip ale tunelelor de uscare au rolul de a izola termic interiorul cuptorului față de atmosfera din hală.

În cadrul programului de asimilare a elementelor componente ale cuptoarelor de uscare, s-au realizat panouri termoizolante simple de tavan, verticale și de podea, de grosimi 100 mm, 120 mm și 150 mm și panouri termoizolante speciale, cu un anumit rol funcțional (ușă de acces, capac de siguranță, ușă de siguranță, de trecere etc., (fig. 8).

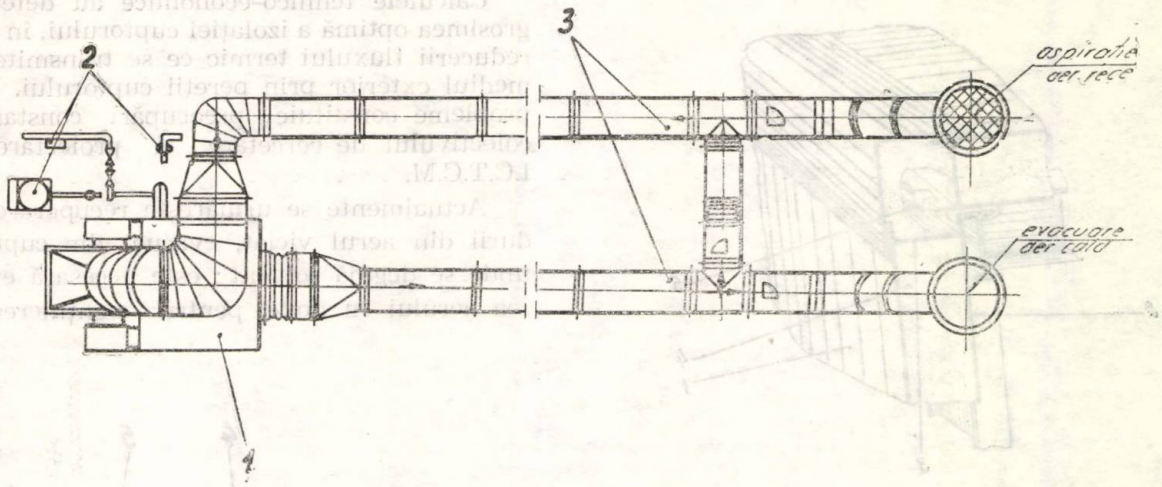


Fig. 7. Schema standului de încercare a generatoarelor de aer cald.

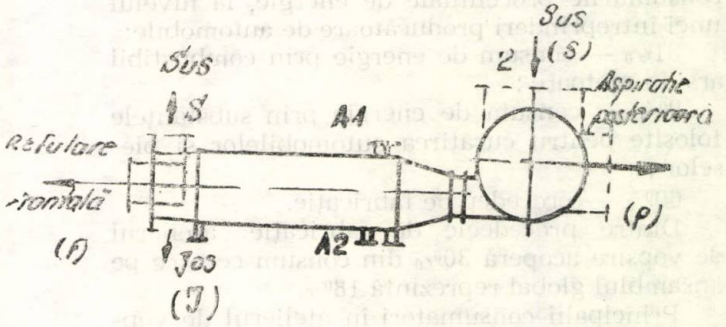
1 — generator aer cald ; 2 — instalații de alimentare (cu gaze, cu combustibil lichid ușor, cu energie electrică, cu abur de joasă presiune) ; 3 — tronsoane cu clapete.

Buletin de încercări

Produsul : Generator de aer cald cu abur de joasă presiune
Simbol : GACA 200
Data întocmirii : 10.12.1982
Temperatura pe peretele exterior în punctele indirecte în schița alăturată : $t_m = +35°C$
Presiunea aerului refulat : $p_{med} = 42$ mm col. H_2O
Presiunea abur : $p_a = 5{,}5$ daN/cm^2
Debit abur : $Q_{a\ med} = 408$ kg/h (la entalpia i = 550 kcal/kg. °C
Curent absorbit de motoarele celor două ventilatoare

$I_1 = 13$ A $\qquad I_2 = 13{,}2$ A

Nivel de zgomot : $N_B = 76$ dB



Buletin de încercări

Tabelul 4

Nr. crt.	Denumirea caract. măsurate	Simbol	U.M.	Valoarea măsurată la timpul (min) 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100/110/120	Obs.
	Temperaturi			MĂSURĂTORI CU CARACTER GENERAL	
1	Mediu ambiant	t_{mA}	°C	18 18 18 19 19 20 20 20 20 20 21 22 22	
2	Aspirație aer	t_a	°C	17 20 50 64 70 76 80 82 85 81 94 96 100	
3	Refulare aer	t_r	°C	17 100 91 101 103 105 108 113 114 119 123 124 128	
	Temperaturi			MĂSURĂTORI CU CARACTER SPECIAL	
A1	La intrarea aburului	t_{ta}	°C	18 92 125 144 145 144 144 144 144 144 144 144 144	$t_m = 144°C$
A2	La ieșirea aburului	t_{tra}	°C	18 90 120 140 140 140 140 140 140 140 140 140 140	$t_m = 144°C$

Pe baza notiței tehnice a standului de încercat generatoare și a acestor măsurători s-au calculat și caracteristicile energetice ale instalației : Generator cu aer cald cu abur de joasă presiune 0,200 Gcal/h

Panourile termoizolante sînt elemente constructive autoportante, îmbinarea dintre panouri este realizată fără organe de asamblare,

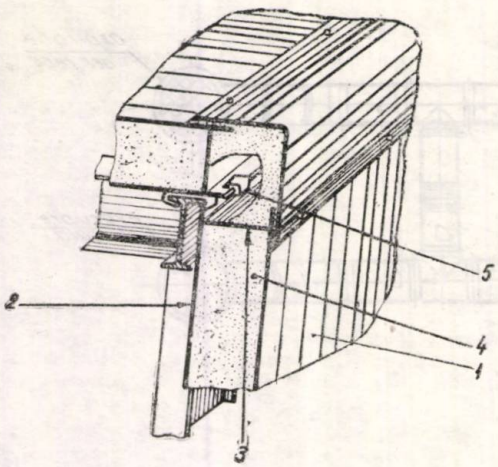


Fig. 8 Panouri termoizolante.
1 — perete exterior ; 2 — perete interior ; 3 — distanțier ; 4 — izolație termică ; 5 — clemă.

ele au greutate redusă, prin înglobarea unei mase metalice minime cu calități termoizolante superioare, care corespund cerințelor actuale de reducere a pierderilor de flux caloric.

Pentru a avea o privire de ansamblu asupra importanței recuperării de căldură în instalațiile de vopsire, în general, și în etuvele de uscare, în particular, se va prezenta o statistică privind consumurile procentuale de energie, la nivelul unei întreprinderi producătoare de automobile:

31% — consum de energie prin combustibil ars în motoare ;

9% — consum de energie prin substanțele folosite pentru curățirea automobilelor și pieselor ;

60% — procedeu de fabricație.

Dintre procedeele de fabricație atelierul de vopsire acoperă 30% din consum ceea ce pe ansamblul global reprezintă 18%.

Principalii consumatori în atelierul de vopsire sînt :

— fosfatarea caroseriilor 25%;
— electroforeza 27%;
— aplicarea vopselei ..... 48%.

Deci 18% din totalul consumului de energie pe ansamblul unei întreprinderi producătoare de automobile se realizează în atelierul de vopsitorie (climatizarea cabinelor de vopsire și uscarea, apei sau coacerea vopselei în etuvele respective). Aceste considerente au dus la abordarea corespunzătoare a problemelor legate de cuptoarele de uscare și coacere.

Pentru a se obține o scădere a investițiilor specifice și a consumurilor energetice specifice, s-a recurs, acolo unde a fost posibil, la instalarea unor cuptoare tunel mari, cu productivitate sporită. S-a menționat anterior că prin adoptarea construcției „spate de cămilă", se reduc la minimum pierderile de energie la nivelul cuptorului de uscare.

Calculele tehnico-economice au determinat grosimea optimă a izolației cuptorului, în scopul reducerii fluxului termic ce se transmite către mediul exterior prin pereții cuptorului. Aceste probleme constituie preocupări constante a colectivului de cercetare și proiectare din I.C.T.C.M.

Actualmente se urmărește recuperarea căldurii din aerul viciat, evacuat din cuptoarele unde se degajă solvent ; este necesară evacuarea aerului cu noxe, pentru menținerea con-

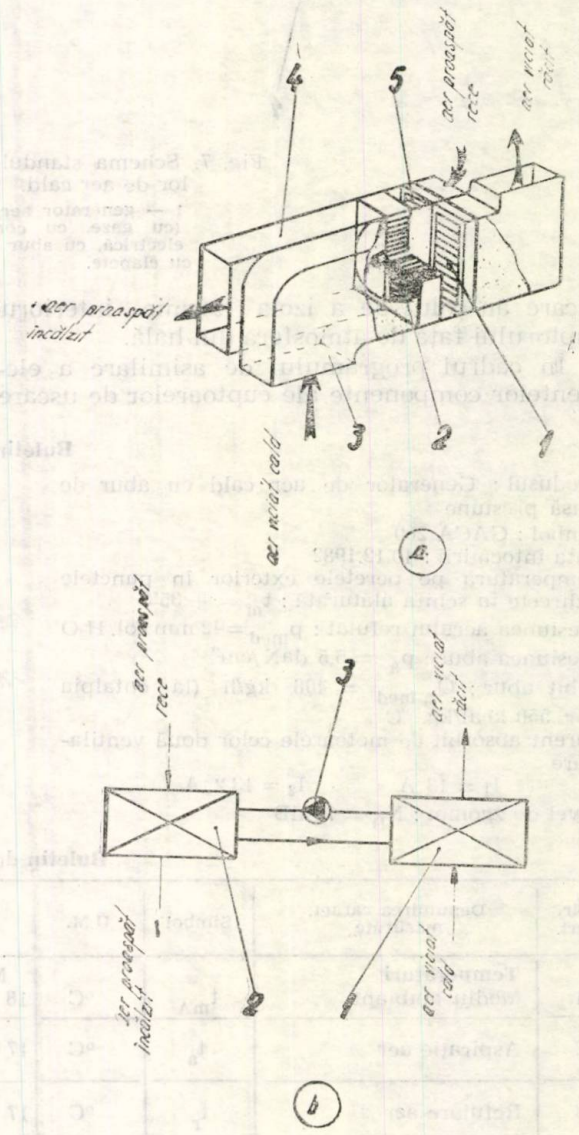


Fig. 9, a Recuperator rotativ
1 — filtru aer viciat (cu noxe) ; 2 — rotor din sectoare de tablă ; 3 — racord aer viciat ; 4 — racord aer proaspăt ; 5 — filtru aer proaspăt.

Fig. 9, b Recuperator cu fluid intermediar.
1 — baterie cu aripioare plasate în drumul aerului viciat ; 2 — baterie cu aripioare plasate în drumul aerului proaspăt ; 3 — pompă recirculare fluid intermediar.

centrației sub limita de explozie. Din cîteva tipuri de recuperatoare produse în țara noastră, menționăm următoarele :

— recuperator rotativ ;

— recuperator cu fluid intermediar.

Succint, se vor prezenta aceste două tipuri de recuperatoare de căldură. Astfel, recuperatorul rotativ (de fapt, un regenerator) este prezentat în figura 9, a. Viteza rotorului este astfel reglată, încît aerul viciat să încălzească umplutura metalică la o anumită temperatură și apoi să cedeze această căldură aerului proaspăt, încălzindu-l pînă la parametrii prescriși. Aerul viciat este filtrat și, apoi, evacuat în atmosferă.

Recuperatorul cu fluid intermediar (fig. 9, b) se compune din două schimbătoare de căldură dintre care unul (poz. **1**) amplasat în drumul aerului viciat, iar celălalt (poz. **2**) amplasat în drumul aerului proaspăt. Lichidul intermediar este vehiculat de o pompă (poz. **3**), el preia căldura de la aerul viciat și o cedează aerului proaspăt.

Cele două variante de recuperare au fost testate în stații—pilot, pentru a se studia problema fiabilității datorită ancrasării rapide a suprafețelor schimbătoarelor de căldură. Unele rezultate încurajatoare pentru anumite tipuri de solvenți au permis trecerea la aplicarea lor industrială. Se vor urmări, în continuare, pentru a se studia comportarea lor în condiții industriale.

O altă metodă de recuperare folosită de întreprinderea OLTCIT este cea cu incineratoare.

În aceste incineratoare s-a realizat mărirea randamentului instalației de recuperare, concomitent cu creșterea fiabilității. În principiu aceste instalații permit depoluarea și recircularea aerului viciat, în proporție de 80—90%. Trebuie menționat însă faptul că deși randamentul lor este superior față de celelalte sisteme, costurile de investiții, datorate complexității constructive, sînt foarte mari. Acesta este motivul pentru care puține firme au adoptat această soluție.

În continuare, se va prezenta recuperarea de căldură la etuvele de coacere și uscare din cadrul unei linii de vopsire. Din cercetările întreprinse de INCERC (Insitutul Național de Cercetări în Construcții și Economia Construcțiilor), cu privire la folosirea recuperatoarelor de căldură la etuvele de coacere și uscare, s-a impus ca soluție optimă folosirea recuperatoarelor cu fluid intermediar.

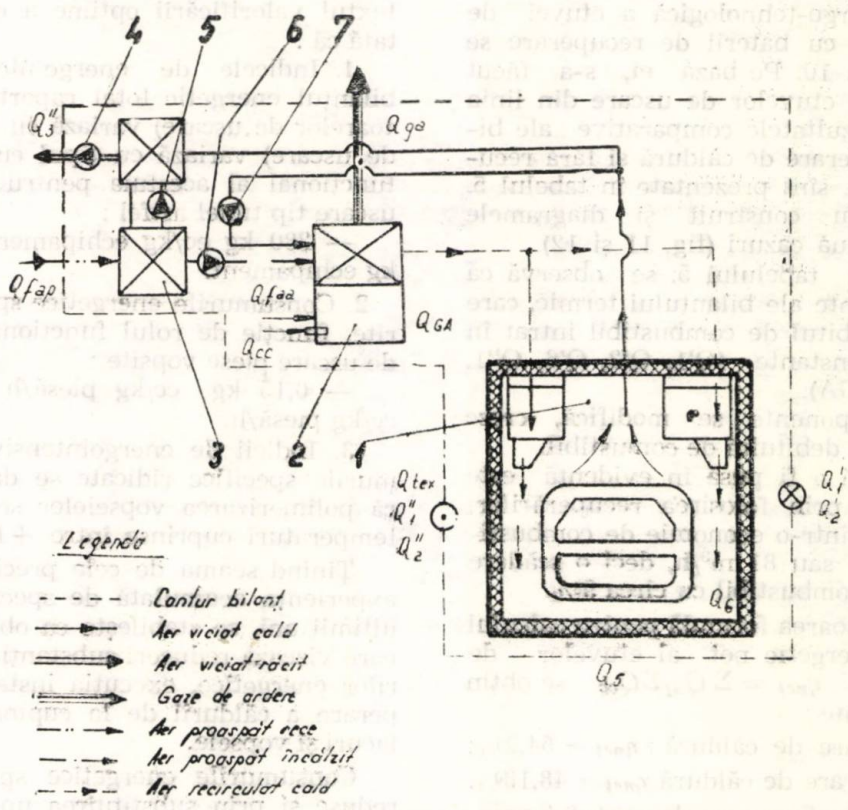
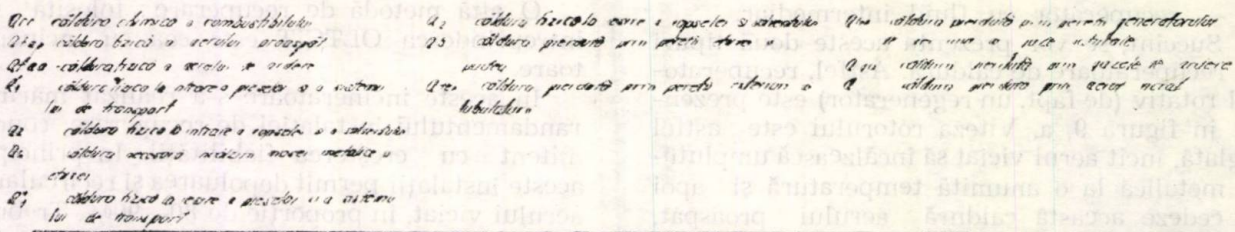


Fig. 10 Schema energo-tehnologică la etuvele de uscare.
1 — etuvă de uscare ; 2 — generator de aer cald cu gaze ; 3 — recuperator cu fluid intermediar ; 4 — ventilator evacuare aer viciat ; 5 — pompă circulație fluid intermediar ; 6 — ventilator introducere aer proaspăt ; 7 — ventilator recirculare aer cald.

Cantităţile de căldură participante la bilanţul termic
1 — cu recuperator de căldură
2 — fără recuperator de căldură

Tabelul 5



t_{ext} / t_{cub}	$\Sigma Q_i = Q_{cc} + Q_{tex} + Q_{tex} + Q_{tex} + Q_1 + Q_2$					ΣQ_i	$\Sigma Q_u = Q_5 + Q_1' + Q_2'$			ΣQ_u	$\Sigma Q_p = Q_3 + Q_{tex} + Q_{gp} + Q_{gn} + Q_7$					ΣQ_p	Q_{icc}
	Q_{cc}	Q_{tex}	Q_{tex}	Q_1	Q_2		Q_5	Q_1'	Q_2'		Q_3	Q_{tex}	Q_{gp}	Q_{gn}	Q_7		
°C	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
20	1237322,6	180146,9	7844,7	51314,5	8711,8	1285537,6	67502,2	42270,0	12219,7	56250,5	113443,3	10265,6	13515,4	2537,7	10080	149842,0	1491730,3
	86,25	12,31	0,6	3,58	0,61	100	5,31	32,74	5,57	44,22	8,75	7,32	10,51	1,62	27,16	55,83	3,31
b																	
20	1837016,8	267304,4	8832,4	54316,5	9713,8	1387523,9	67502,2	42270,5	12219,7	56250,5	113443,9	10265,6	13515,3	2537,6	10080	149842,5	-
	89,42	5,31	0,67	3,93	0,67	100	5,13	32,38	5,57	43,08	8,68	7,85	11,72	1,6	28,85	58,51	-

O schemă energo-tehnologică a etuvei de uscare, prevăzută cu baterii de recuperare se prezintă în figura 10. Pe baza ei, s-a făcut bilanţul termic al etuvelor de uscare din linia de vopsire, iar rezultatele comparative ale bilanţului, cu recuperare de căldură şi fără recuperare de căldură, sînt prezentate în tabelul 5. De asemenea, s-au construit şi diagramele Sankey în cele două cazuri (fig. 11 şi 12).

Din studierea tabelului 5, se observă că anumite componente ale bilanţului termic, care nu depinde de debitul de combustibil intrat în proces, rămîn constante (Q'1, Q'2, Q'6, Q''1, Q''2, Q5, Qtex, QGA).

Celelalte componente se modifică, cresc odată cu creşterea debitului de comustibil.

Ceea ce merită a fi pusă în evidenţă este mutaţia obţinută prin folosirea recuperărilor, care se traduce printr-o economie de combustibil de 1.300 m^3/zi sau 81 m^3/h, deci o scădere a consumului de combustibil cu circa 9%.

Folosind următoarea formulă pentru calculul randamentului energetic net al etuvelor de uscare şi coacere : $\eta_{net} = \Sigma Q_u / \Sigma Q_{cc}$ se obţin următoarele rezulate :

— cu recuperare de căldură : $\eta_{net} = 54{,}2\%$;

— fără recuperare de căldură $\eta_{net} = 48{,}18\%$.

Se observă o creştere a randamentului energetic* net de 6,08% în cazul instalaţiilor dotate cu recuperatoare de căldură.

În **concluzie,** privind evoluţia viitoare a cuptoarelor de uscare lacuri şi vopsele în contextul valorificării optime a energiei se constată că :

1. Indicele de energointensivitate (adică bilanţul energetic total raportat la masa cuptoarelor de uscare) variază cu tipul cuptoarelor de uscare) variază cu tipul cuptorului şi rolul funcţional al acestuia pentru cuptoarele de uscare tip tunel astfel :

— 280 kg cc/kg echipament $< I_e <$ 510 kg/kg echipament.

2. Consumurile energetice specifice sînt diferite, funcţie de rolul funcţional al cuptoarelor de uscare piese vopsite :

— 0,15 kg cc/kg piesă/h $< C_S <$ 0,59 kg cc/kg piesă/h.

3. Indicii de energointensivitate şi consumurile specifice ridicate se datorează faptului că polimerizarea vopselelor se efectuează la temperaturi cuprinse între +140° şi +180°C.

Ţinînd seama de cele precizate mai sus de experienţa acumulată de specaliştii noştri în ultimii ani, se stabileşte ca obiectiv important, care vizează reduceri substanţiale ale consumurilor energetice, execuţia instalaţiilor de recuperare a căldurii de la cuptoarele de uscare lacuri şi vopsele.

Consumurile energetice specifice vor fi reduse şi prin substituirea unor purtători de energie (agenţi de încălzire), (gaz metan, energie electrică, abur) cu energie geotermală, solară, sau prin utilizarea energiei termice a gazelor arse de la cuptoarele de tratament termic.

Prin măsurile preconizate mai sus se estimează că la nivelul anului 2.000, consumul specific energetic să se reducă pentru cuptoarele

* Prin randament energetic net se înţelege raportul dintre cantitatea de căldură utilă şi cea consumată prin arderea combustibilului. Astfel se pune în evidenţă consumul efectiv de combustibil şi eficienţa arderii lui.

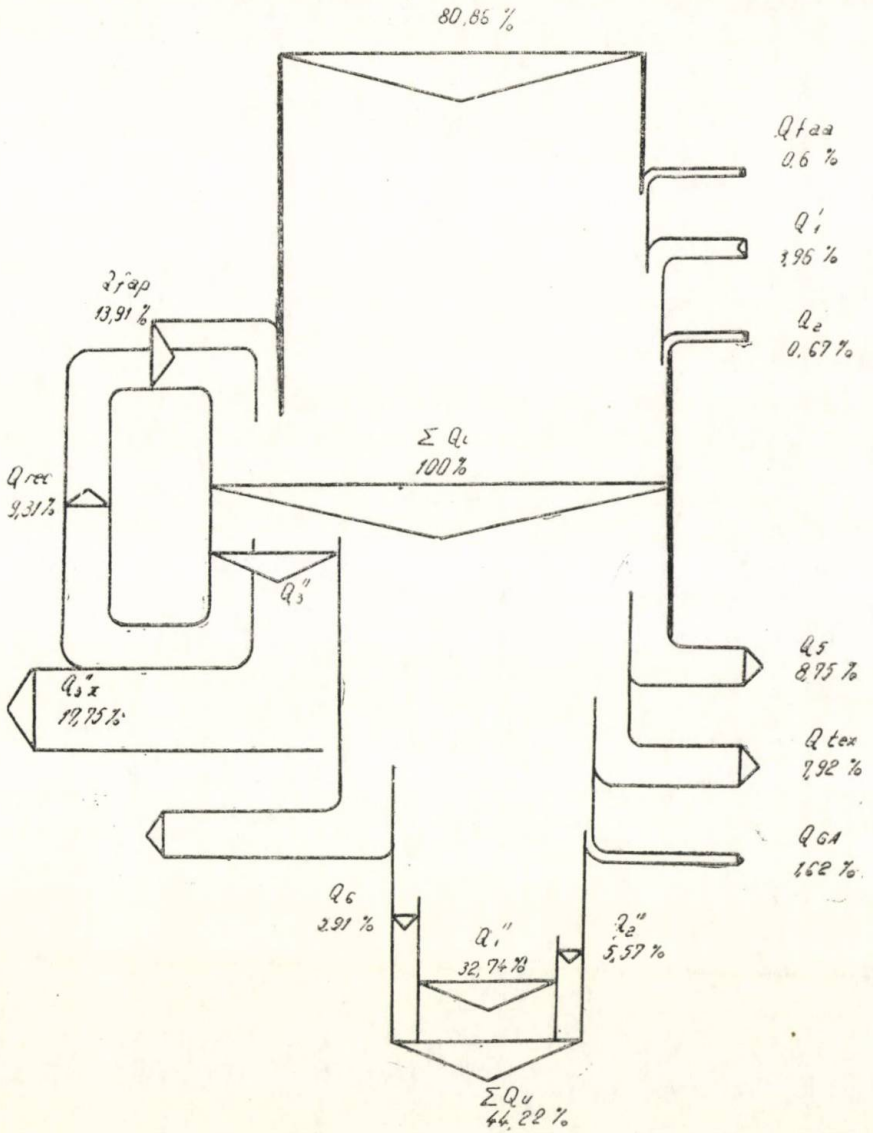


Fig. 11 Diagrama Sankey în varianta cu recuperator de căldură.

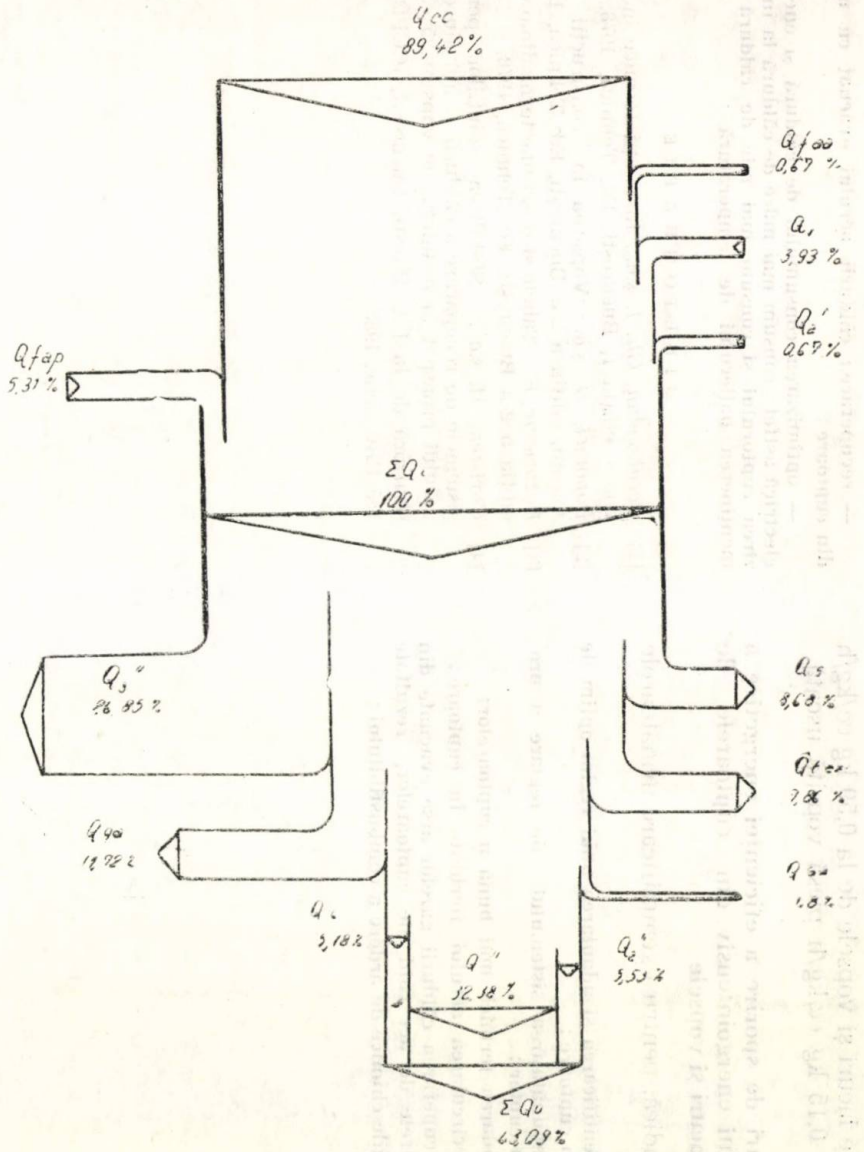


Fig. 12 Diagrama Sankey în varianta fără recuperare de căldură.

de uscare lacuri și vopsele de la 0,59 kg cc/kg/h piesă la 0,15 kg cc/kg/h piesă vopsită uscată.

Măsuri de sporire a eficienței energetice a procesului energointensiv din cuptoarele de uscare lacuri și vopsele

Se indică, pentru exemplificare următoarele măsuri :

— **identificarea și adaptarea unui regim optim de sarcină în cuptoare ;**

— **îmbunătățirea sistemului de reglare a procesului în cuptor ;**

— **izolarea termică mai bună a cuptoarelor;**

— **recircularea aerului fierbinte în cuptoare ;**

— **recuperarea căldurii gazelor arse evacuate din generatoarele de aer cald ale cuptoarelor, rezultate din reacțiile chimice de ardere a combustibilului ;**

— **recuperarea căldurii aerului evacuat cu noxe din cuptoare ;**

— **optimizarea consumului de căldură și energie electrică astfel : consum mai mare de căldură la încălzirea cuptorului și consum mai mic de căldură la menținerea palierului de temperatură.**

BIBLIOGRAFIE

[1] *Carabogdan, Gh. I. ș.a. :* Instalații termice industriale, ediția I, București, Ed. Tehnică, 1978.

[2] *Popovici, D. ș.a. :* Vopsirea în construcții de mașini, ediția a 2-a București, Ed. Tehnică, 1977.

[3] *Razmjevic, K. :* Tabele și diagrame termodinamice, ediția a 2-a București, Ed. Tehnică, 1978.

[4] *Christea, Al. ș.a. :* Stabilirea soluțiilor pentru sistemele de recuparare a căldurii și introducerea aerului proaspăt la instalația de vopsire 25 caroserii/oră de la I.A. Pitești, București, ICCPDC—INCERC, febr. 1983.

centrozap

CENTROZAP — Societate cu răspundere limitată

oferă

un sortiment larg de aparatură de laborator pentru controlul exact al materialului, al nisipului de turnătorie și al nisipului pentru miezuri.

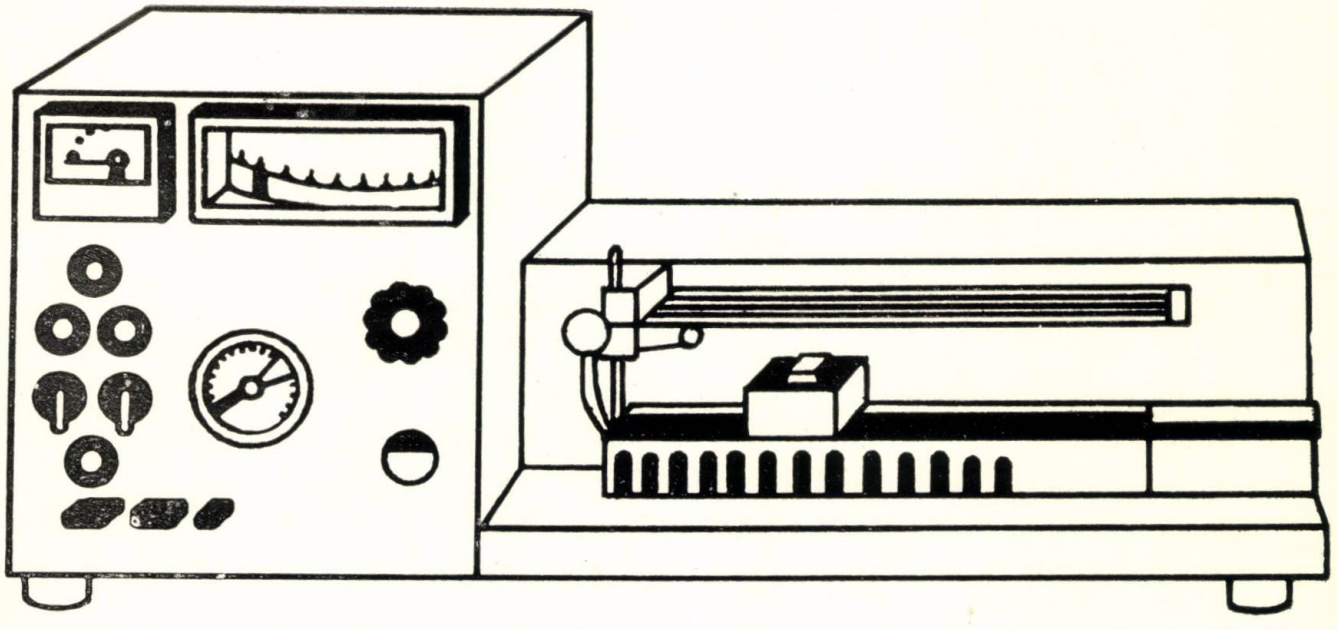
Aparatura ofertată este de inaltă calitate și se numără printre cele mai noi realizări.

Folosind această aparatură, vă imbunătățiți calitatea producției pieselor din fontă și reduceți numărul de rebuturi.

Nu intirziați — folosiți aparatura noastră !

Pentru informații detaliate adresați-vă

Societății de comerț exterior cu răspundere limitată
CENTROZAP
Mickiewicza 29
40—085 Katowice, R. P. Polonă
Telex : 0315771 cp pl



PUBLICOM

Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Industria Construcţiilor de Maşini, înfiinţat încă din anul 1965, are o bogată experienţă în cercetare şi proiectare tehnologică specifică pentru construcţiile de maşini. În cadrul Institutului se desfăşoară trei tipuri de activităţi:

1. Cercetarea de procese tehnologice (metode de abricaţie) noi în cadrul laboratoarelor special amenaate pentru experimentarea şi optimizarea procedeeor, regimurilor sau reţetelor tehnologice precum şi ercetarea în vederea asimilării în fabricaţia de serie unor echipamente şi produse noi în domeniile: preucrări prin aşchiere, ştanţare, ambutisare şi prin ehnologii neconvenţionale, manipulare automată nontaj mecanizat şi automatizat, acoperiri de proecţie şi decorative, control activ, interoperaţional i final.

2. Elaborarea de tehnologii integrate şi sisteme complexe de fabricaţie pentru prelucrarea unor piese sau grupe de piese sau produse, cu adoptarea celor mai eficiente procedee, inclusiv proiectarea maşinilor speciale, dispozitivelor şi sculelor.

3. Execuţia, în limita capacităţilor propriului său atelier, a echipamentelor tehnologice proiectate. Acordarea de asistenţă tehnică pentru punerea în funcţiune la parametrii proiectaţi a proiectelor elaborate.

ICTCM EFECTUEAZĂ: ● Studiul problemelor tehnologice individuale sau legate de realizarea unui anumit produs ; ● Elaborarea de procedee tehnologice noi sau dezvoltarea şi îmbunătăţirea unor tehnologii existente ; ● Experimentarea în laborator şi în producţie a procedeelor elaborate ; ● Întocmirea proiectelor de execuţie pentru liniile, maşinile dispozitivele sau sculele necesare aplicării tehnologiilor elaborate ; ● Întocmirea proiectelor de utilare tehnologică a secţiilor sau atelierelor în care se vor realiza tehnologiile respective ; ● Construcţia în ateliere proprii a utilajelor proiectate ; ● Execuţia de prototipuri de maşini şi dispozitive şi experimentarea acestora în vederea introducerii lor în fabricaţia de serie ; ● Elaborarea de metode de măsură şi control interoperaţii şi final, proiectarea şi executarea utilajelor necesare controlului şi sortării cu diferite grade de automatizare ; ● Proiectarea şi eexcutarea de bancuri de probă pentru studii de laborator şi fabricaţia de serie ; ● Organizarea fabricaţiei, transportului intern şi depozitării în secţiile şi atelierele destinate aplicării noilor tehnologii, planificarea şi urmărirea producţiei ; ● Elaborarea de sisteme pentru automatizarea pregătirii tehnologiei precum şi pentru planificare, lansare şi urmărire cu ajutorul calculatorului electronic ; ● Acordarea de asistenţă tehnică pentru aplicarea procedeelor tehnologice elaborate şi pentru punerea în funcţiune a utilajelor proiectate şi executate; ● Acordarea de licenţe, know-how şi punerea la dispoziţie a documentaţiei de execuţie pentru lucrările executate de institut.

1989 FEB 23

E 3279 04 05E

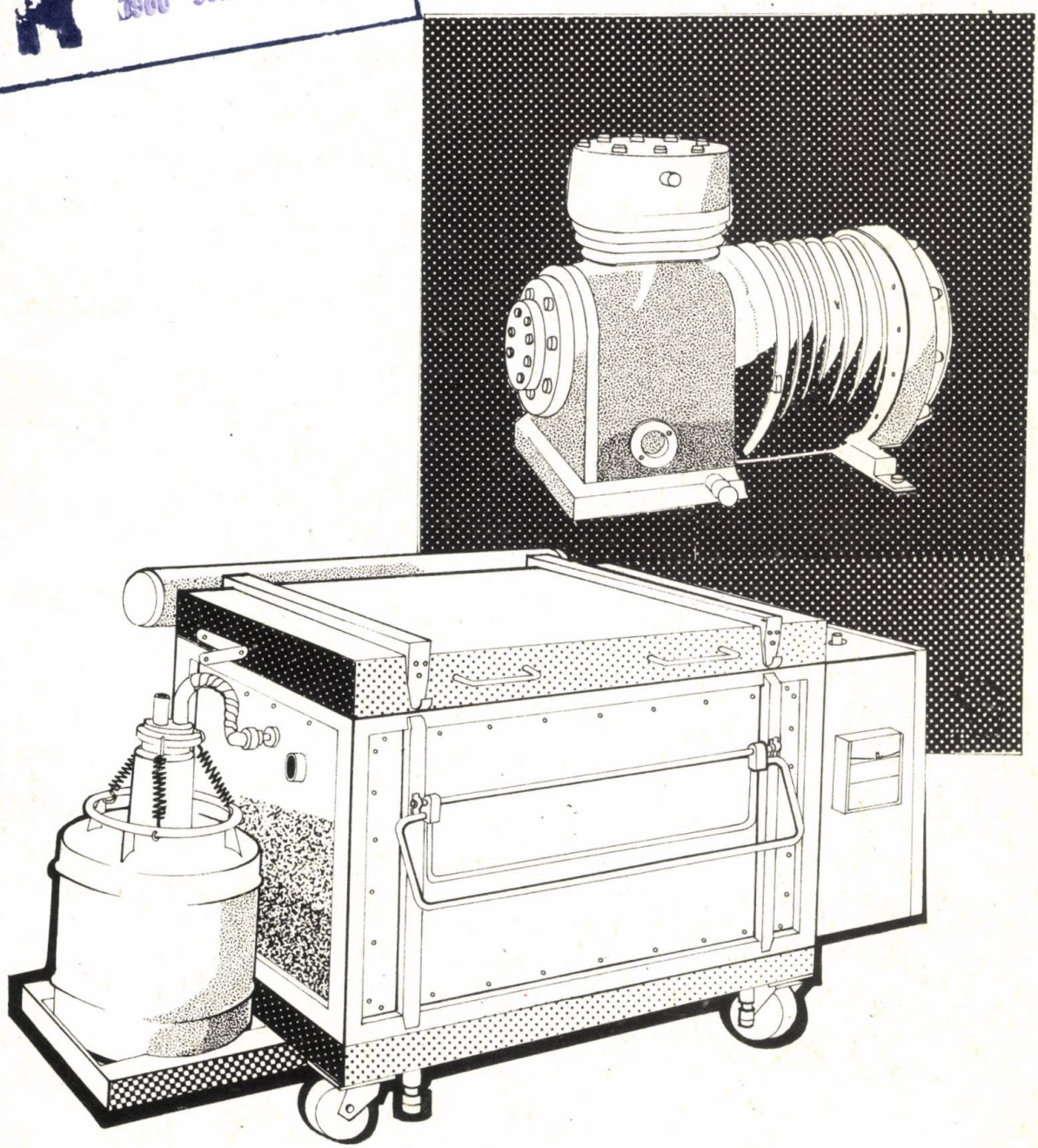
4
APRILIE
BUCUREȘTI anul XXXX - 1988

Construcția de mașini

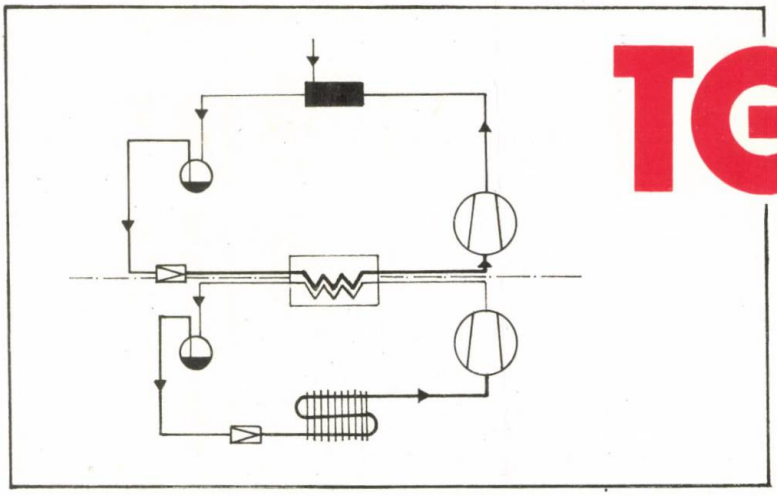
Referativa

1988 JUN 29

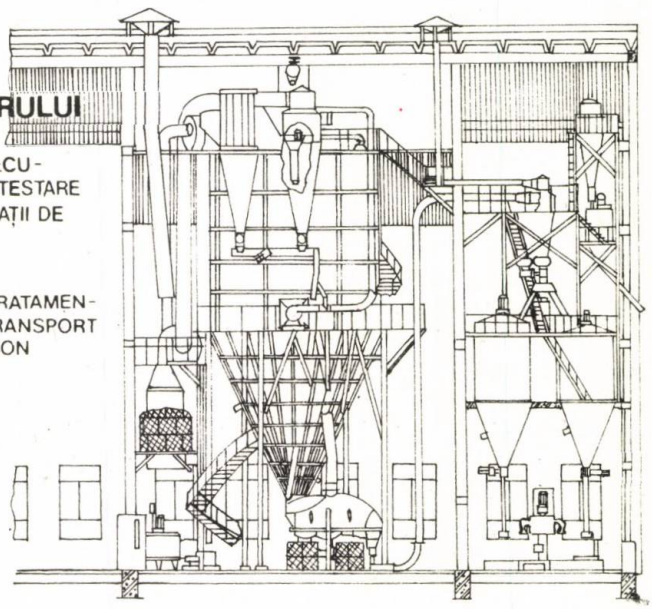
ICPIAF CENTRUL DE CERCETARE ȘTIINȚIFICĂ ȘI INGINERIE TEHNOLOGICĂ PENTRU UTILAJ DE INDUSTRIE ALIMENTARĂ ȘI TEHNICA FRIGULUI
CLUJ - NAPOCA 3400, str. F-cii de Chibrituri nr. 13 - 21



ICPIAF®



TGRF



1. TEHNICA FRIGULUI ȘI CONDIȚIONAREA AERULUI

- INSTALAȚII DE RĂCIRE TERESTRE ȘI NALE, CU COMPRESOR
- INSTALAȚII ȘI APARATE DE CONDIȚIONAT AER • SISTEME DE RECUPERAREA ENERGIEI CU POMPE DE CĂLDURĂ • CAMERE DE TESTARE CLIMATICĂ • INSTALAȚII FRIGORIFICE DE CONGELARE • INSTALAȚII DE LIOFILIZARE • INSTALAȚII FRIGORIFICE SPECIALE.

2. CRIOGENIE

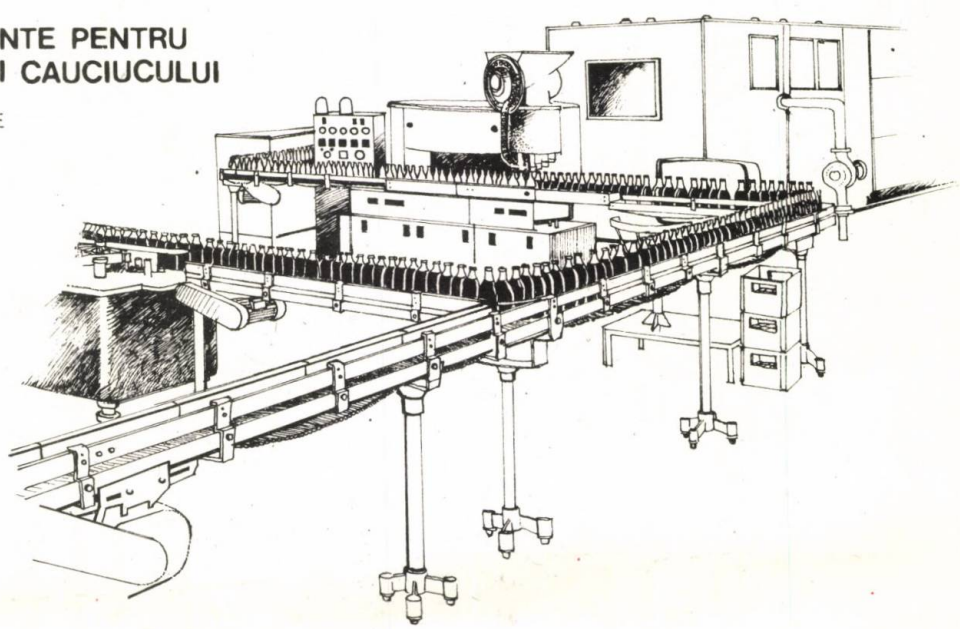
- INSTALAȚII DE LICHEFIAT AZOT, HELIU • INSTALAȚII DE CRIOTRATAMENTE • TURBODETENTOARE • ECHIPAMENTE DE STOCARE ȘI TRANSPORT AGENȚI CRIOGENICI • MINIREFRIGERATOARE JOULE-THOMSON

3. UTILAJE ȘI ECHIPAMENTE PENTRU INDUSTRIA ALIMENTARĂ

- UTILAJE, LINII ȘI FABRICI COMPLETE PENTRU INDUSTRIA: LAPTELUI, CĂRNII, PANIFICAȚIEI, BĂUTURILOR, ZAHĂRULUI CONSERVELOR • ECHIPAMENTE PENTRU PROCESE DE: MĂRUNȚIRE, SEPARARE, FILTRARE, TRATAMENTE TERMICE, PREPARARE, CONCENTRARE, USCARE, DOZARE, AMBALARE.

4. UTILAJE ȘI ECHIPAMENTE PENTRU INDUSTRIA CHIMICĂ ȘI CAUCIUCULUI

- PRESA DE VULCANIZAT ANVELOPE
- RECIPIENTE ȘI VASE DE PROCES
- REACTOARE DE PROCES
- SCHIMBĂTOARE DE CĂLDURĂ
- LINII TEHNOLOGICE PENTRU FABRICAT BUTOAIE



CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ȘI AL MINISTERULUI INDUSTRIEI DE UTILAJ GREU
EDITOR : OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ANUL XXXX, 4, aprilie 1988

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTÉS KÖNYVTÁR 1883

CUPRINS

UTILAJE, INSTALAȚII ȘI TEHNOLOGII PENTRU INDUSTRIA ALIMENTARĂ

1. Tehnica frigului

BOBOȘ, S., DICHER, MELANIA : **Modernizarea grupurilor de răcire cu vaporizare în țeavă** 179

FERENCZ, A. : **Seria unitară de motocompresoare frigorifice semiermetice, tip MCS—6,2 . . . MCS—112, contribuție substanțială la realizarea utilajelor frigorifice pentru condiționarea aerului și a pompelor de căldură moderne, competitive** 183

STANCIU, V., LEMNIAN, E. : **Aspecte privind proiectarea și testarea primei instalații industriale de liofilizare din România** 189

DRUMEN, M. : **Aspecte privind proiectarea motoarelor electrice asincrone înglobate, utilizate la acționarea motocompresoarelor frigorifice semiermetice** 197

VALLAȘEK, ȘT. : **Materiale semiconductoare termoelectrice și aplicațiile lor în tehnica frigului și energetică** 204

2. Criogenie

DEAC, I., IORGA, GH., MIRON, Z. : **Sisteme criogenice miniaturale** 208

IORGA, GH., DEAC, I., VASINCA, I. : **Contribuții la realizarea instalațiilor de lichefiat heliu** 212

MIRON, Z., IORGA, GH. : **Optimizarea turbodetectoarelor radiale** 218

MIRON, Z., DEAC, I. : **Cercetări și realizări în criogenie la I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca** 221

* * *

PRODANIUC, N., LAZĂR, V., VLAICU, L. : **Noi forme de relief pentru suprafețe de frecare și procedeu pentru generarea acestora prin vibrorulare** 225

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului Științific al Institutului Central pentru Construcții de Mașini

Redactor șef : ing. Teodosia Oprescu
Redactor : Șerban Teodorescu
Coordonator : Sabin Rusu

SUMARE

CZ : 621.56/.59 : 621.56

Bobos, S., Dicher, Melania : **Modernizarea grupurilor de răcire cu vaporizare în țeavă**

Articolul prezintă modernizarea grupurilor de răcire cu vaporizare în țeavă pe baza noilor subansamble existente sau în curs de asimilare, modernizare realizată prin asimilarea unor combinații de schimbătoare de căldură (condensatoare și vaporizatoare) cuplate cu diverse motocompresoare. Prin această medernizare se aduce produsul la un nivel calitativ superior, comparabil cu al firmelor consacrate, permițîndu-se satisfacerea cerințelor beneficiarilor de puteri frigorifice respectiv de puteri de încălzire disponibile într-un domeniu foarte larg.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 4, 2 fig., 4 tab., 6 ref. bibl.

CZ : 621.56/.59 : 621.51

Ferencz, A. : **Seria unitară de motocompresoare frigorifice semiermetice, tip MCS—6,2 ; MCS—112, contribuție substanțială la realizarea utilajelor frigorifice de condiționat aer și de pompe de căldură moderne, competitive.**

Se prezintă seria unitară de motocompresoare frigorifice semiermetice cu cilindree orare cuprinse între 6,3—112 mc/h funcționînd cu agenți frigorifici R12, R22 și R 502 care sînt destinate echipării utilajelor frigorifice, de condiționat aer și de pompe de căldură de mică și medie putere. Se arată căile asigurării fiabilității și a performanțelor ridicate.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 4, 7 fig., 1 tab.

CZ : 621.56/.59 : 66.047 : 66.093

Stanciu, V. : **Aspecte privind proiectarea și testarea primei instalații industriale de liofilizare din România**

Lucrarea tratează procesul de liofilizare și problemele tehnice rezolvate prin proiectarea, execuția și testarea primei instalații românești de liofilizare în scop industrial, realizată de către I.C.P.I.A.F Cluj-Napoca pentru I.C.V.B. „Pasteur" București.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 4, 9 fig., 2 tab., 10 ref. bibl.

CZ : 621.56/.59 : 621.51 : 621.313

Drumen, M. : **Aspecte privind proiectarea motoarelor electrice asincrone înglobate, utilizate la acționarea motocompresoarelor frigorifice semiermetice**

Sînt prezentate rezultatele obținute în cadrul ICPIAF Cluj-Napoca în proiectarea motoarelor electrice asincrone înglobate cu rotorul în scurtcircuit, puse în fabricație la I. Electromotor Timișoara. Condițiile deosebite de funcționare și acționare, materializate prin marea neuniformitate a sarcinii pe arborele compresorului și de asemenea, prin condițiile de mediu interioare carterului motocompresorului, care acționează direct asupra motorului electric au impus un tip special de construcție și de dimensionare pentru motoarele electrice de antrenare.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 4, 4 fig., 1 tab., 6 ref. bibl.

CZ : 621.56/.59 : 621.315.592 : 621.36

Vallsek, Șt. : **Materiale semiconductoare termoelectrice și aplicațiilor lor în tehnica frigului și energetice**

În lucrare este prezentată metoda de producere a frigului cu ajutorul materialelor semiconductoare termoelectrice, se descrie tehnologia de fabricație a termoelementelor semiconductoare și a modulelor termoelectrice. În încheiere sînt prezentate instalațiile termoelectrice refrigeratoare și generatoarele termoelectrice pentru conversia energiei solare realizate în cadrul temei de cercetare și direcțiile de perspectivă ale cercetării în domeniul termoelectricității.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 4, 7 fig., 2 tab., 14 ref. bibl.

CZ : 621.57 : 621.59 : 66.046.33

Deac, I., Iorga, Gh., Miron, Z. : **Sisteme criogenice miniaturale**

Lucrarea prezintă preocupările laboratorului de criogenie de la I.C.P.I.A.F. în domeniul sistemelor criogenice miniaturale. Sînt descrise minirefrigeratoare de tip Joule-Thomson cu funcționare la —196^{0}C și de tip Stirling, cu care cea mai joasă temperatură obținută a fost de —131^{0}C, dar care se pretează la perfecționări capabile de a-l face să funcționeze la —200^{0}C. Sînt discutate dificultățile ridicate de realizarea acestor minirefrigeratoare și modalitățile de soluționare ale acestora.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 4, 3 fig., 8 ref. bibl.

CZ : 621.57 : 621.59 : 66.046.33

Iorga, Gh., Deac, I., Vasinca, I. : **Contribuții la realizarea instalațiilor de lichefiat heliu**

Lucrarea tratează problemele legate de instalațiile destinate obținerii fluidelor criogenice, precum azot lichid, hidrogen, heliu, cu referire specială la aceasta din urmă. Succintele considerații teoretice, menite să familiarizeze cititorul mai puțin avizat în domeniul temperaturilor criogenice, sînt urmate de o detaliere a instalațiilor și ciclurilor de lichefiere heliu, pe plan mondial, precum și o prezentare a instalației de lichefiat heliu aflată în curs de finalizare la I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 4, 5 fig., 2 tab., 4 ref. bibl.

CZ : 621.438 : 621.59 : 66.046.33

Miron, Z., Iorga, Gh. : **Optimizarea turbodetectoarelor radiale**

Se prezintă o metodă practică și simplă de calcul de optimizare pentru turbodetentoare radiale cu aplicații în criogenie. Metoda se pretează la calcul numeric și poate fi condusă pe minicalculatoarele programabile de birou. Procesul de optimizare constă în găsirea maximului randamentului adiabatic ca funcție de un singur parametru. Valoarea acestui parametru corespuzătoare maximului se poate utiliza apoi la calculul concret al unui turbodetentor.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 4, 6 fig., 2 ref. bibl.

CZ : 621.56/.59

Miron, Z., Deac, I. : **Cercetări și realizări în criogenie la I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca**

După o prezentare succintă a principalelor momente din evoluția criogeniei, lucrarea prezintă sintetic realizările colectivului laboratorului de criogenie de la I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca, dificultățile întîmpinate și modalitățile de depășire ale acestora. Sînt discutate tendințele, perspectivele, căile de perfecționare și extindere a aplicațiilor echipamentului criogenic realizat la I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 4, 4 fig., 2 ref. bibl.

CONTENTS

DC : 621.56/.59 : 621.51

Boboş, S., Dicher, Melania : **Modernization of the condensing units with pipe vaporizations**

The article presents the modernization of the condensing units with pipe vaporization an the basis of the new subassemblies already existing or which are about to be assimilated ; the modernization was achieved by assimilating combinations of heat exchangers (condensers and evaporators) coupled to different motor-compressors. Thus, the product is raised to a superior qualitative level that can be compared to that of well-known firms. This way it meets the requests of the end users for available refrigerating and heating capacities in a very large range.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 2 Figs., 4 Tabs., 6 Paps.

DC : 621.56/.59 : 621.56

Ferencz, A. : **Unit series of semi-hermetic refrigerating compressor units type MCS—6.3 — MCS—112, substantial contribution to the production of modern and competitive refrigerating equipment, air-conditioning plants and heat pumps**

The paper presets the unit series of semi-hermetic refrigerating compressor units having hourly swept volumes in the range of 6.3—112 m^3/h and working with refrigerants R12, R22, R502. These compressor units are designed to equip refrigerating equipment, air-conditioning plants and heat pumps of low and medium capacities. The paper also comprises information about the manner of ensuring reability and high operating performances.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 7 Figs., 1 Tab.

DC : 621.56/.59 : 66.047 : 66.093

Stanciu, V., Lemnian, E. : **Cosiderations about the design and testing of the industrial lyophilizing plant**

The paper presents the testing of the lyophilizing process in general and the technical problems solved by designing, producing and testing of the first Romanian lyophilizing plant for industrial purposes achieved by I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 9 Figs., 2 Tabs., 10 Paps.

DC : 621.56/.59 : 621.51 : 621.313

Drumen, M. : **Considerations about designing incorporated asynchronous motors used in driving semihermetic refrigeration motor-compressors**

The article presents the results obtaned by ICPIAF in designing incorporated asynchronous electric motors with short circuit rotors; these motors are produced by I. Electromotor Timişoara. The special operation and driving conditions, e.g. the great load unevenness on the compressor shaft, the environmental conditions inside the motor-compressor crankcase, having a direct influence upon the electric motor, imposed a special constructive type as well as new dimensions for the drive electric motors.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 4 Figs., 1 Tab., 6 Paps.

DC : 621.56/.59 : 621.315.592 : 621.36

Vallaşek, Şt. : **Thermoelectric Semi-conductor Materials and their Applications in the cold Production and the Energy**

The paper presents the method of cold production by means of thermoelectric semi-conductor materials. It describes the manufacturing technology of he semiconductor thermoelements and of the thermoelectric modules. The last part of the paper presents the thermoelectric refrigerating plants and the thermoelectric generators for solar energy conversion achieved within the research topic and the future research trends in the field of thermoelectricity.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 7 Fig., 2 Tabs., 14 Paps.

DC : 621.57 : 621.59 : 66.046.33

Deac, I., Iorga, Gh., Miron, Z. : **Miniature Cryogenic Systems**

The paper presents the research activity of the cryogeny laboratory of ICPIAF in the field of miniature cryogenic systems. It describes minirefrigerators type Joule. — Thomson operating at —196°C and type Stirling, by which the lowest temperature obtained was —131°C but which can be improved in order to make it operate at —200°C. The paper also presents the difficulties ancountered in manufacturing these minirefrigerators and the maner of solving them.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 3 Figs., 8 Paps.

DC : 621.57 : 621.59 : 66.046.33

Iorga, Gh., Deac, I., Vasinca, I.: **Contributions to the Manufacturing of Helium Liquefaction Plants**

The paper deals with the problems referring to the plants designed for producing cryogenic liquids such as liquid nitrogen, hydrogen and helium with special reference to the latter. The brief theoretical considerations are meant to make the bess informed reader familiar wiht the field of cryogenic temperatures. The rest of the paper consists of a detailed description of the plants and cryogenic cycles in the world and of the helium liquefaction plant which is about to be completed at ICPIAF Cluj-Napoca.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 5 Figs., 2 Tabs., 4 Paps.

DC : 621.438 : 621.59 : 66.046.33

Miron, Z., Iorga, Gh. : **Improvement of Radial Turbodetentors**

The paper presents a simple and practical method of improvement calculation for the radial turbodetentors used in the field of cryogeny. The method is appropriate for numerical calculation and can be achieved on the programmable minicomputers. The improvement process consists in determining the maximum of the adiabatic output as a function of a single parameter. The valvue of the parameter corresponding to the maximum can then be used in the concrete calculation of a turbodetentor.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 6 Figs., 2 Paps.

DC : 621.56/.59

Miron, Z., Deac, I. : **Research and Achievements in Cryogenics within the I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca**

After making a brief presentation of the main aspects in the development of cryogenics, the paper synthetically presents the achievements obtained by the research workers within the cryogenic laboratorium of the I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca, as well as the difficulties we met with, and their overcoming. New tendincies, prospects, and the ways of developing and improving the uses of the cryogenic equipment achieved in the I.C.P.I.A.F., are also talked about.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 4 Figs., 2 Paps.

SOMMAIRES

CD : 621.56/.59 : 621.56

Boboş, S., Dicher, Melania : **Modernisation des groupes de refroidissement a vaporisation en tuyau**

L'article presente la modernisation des groupes de refroidissement a vaporisation en tuyau a l'aide des nouveaux sous-ensembles existants ou en cours d'assimilation, modernisation realisée par l'assimilation des combinations des echangeurs de chaleur (condenseurs et vaporisateurs) accouples aux divers motocompresseurs. Par cette modernisation on apporte le produit a un niveau qualitatif supérieur, comparable a celui des maisons consacrees, en permettant la satisfaction des demandes de puissances frigorifiques ou de chauffage dans un domaine tres large.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 4, 2 fig., 4 tab., 6 réf. bibl.

CD : 621.56/.59 : 621.51

Ferencz, A. : **Serie type de motocompresseurs frigorifiques semihermétiques MCS—6,3 — MCS—112 composantes essentielles des installations frigorifiques, des installations à climatiser et des pompes à chaleur modernes et competitives**

On presente la serie unitaire des motocompresseurs frigorifiques semihérmetiques avec une cyilindree entre 6,3—112 mc/h en utilisant les agents frigorigenes R 12, R 22 et R 502. Les motocompresseurs seront utilises dans les installations frigorifiques, de conditionnement de l'air et dans les pompes de chaleur de puissance moyenne. On indique les modalités pour assurer la fiabilite et les hautes performances.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 4, 7 fig., 1 tab.

CD : 621.56/.59 : 66.047 : 66.093

Stanciu, V., Lemnian, E. : **Aspects regardant la construction et l'essai des installations industrielles de liofilisation**

L'ouvrage traite le processus de liofilisation en general et les problemes techniques solutiones par la construction, l'execution et l'essai de la premiere installation roumaine de liofilisation dans des buts industriels, realisee par ICPIAF Cluj-Napoca.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 4, 9 fig., 2 tab., 10 ref. bibl.

CD : 621.56/.59 : 621.51 : 621.313

Drumen, M. : **Aspects regardant la construction des moteurs électriques asinchrones incorporés, utilisés a l'entrainement des motocompresseurs frigorifiques sémihermétiques**

L'article présente les résultats de la construction en ICPIAF — Cluj Napoca des moteurs électriques asinchrones incorporés, a roteur en court-circuit fabriqués a „Electromotor Timişoara". Les conditions speciales de service et d'entrainement, matérialisées par la grande non-uniformité des charges sur l'arbre du compresseur et aussi par les conditions du milieu intérieur du carter du motocompresseur qui agissent directement sus le moteur électrique ont reclame un type spécial de construction et de dimensionnement pour les moteurs électriques d'entrainement.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 4, 4 fig., 1 tab., 6 réf. bibl.

CD : 621.56/.59 : 621.315.592 : 621.36

Vallasek, Şt. : **Des matériauex semi-conducteurs thermo-électriques et leurs applications dans la production du froid et dans l'energétique**

L'étude decrit la méthode de production du froid à l'aide des matériaux semi-conducteurs thermo-électriques et la techologie de fabrication des thermo-éléments sémi-conducteurs et des modules thermo-électriques. En conclusion on présente les installations thermo-électriques réfrigérantes et les générateurs thermo-électriques pour la conversion de l'énergie solaire réalisés dans le cadre du thème de recherche et les perspectives de la recherche dans le domaine de la thermo-électricité.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 4, 7 fig., 2 tab., 14 réf. bibl.

CD : 621.57 : 621.59 : 66.046.33

Deac, I., Iorga, Gh., Miron, Z. : **Systèmes cryogéniques en miniature**

Cet ouvrage présente les préoccupations du laboratoire de cryogénie de l'ICPIAF dans le domaine des systèmes cryogéniques en miniature. On décrit les miniréfrigérateurs de type Joule-Thomson qui fonctionnent à —196^{0}C et de type Stirling, dont la plus basse température obtenue a été de —131^{0}C, mais après des perfectionnements il arrive à fonctionner à —200^{0}C. On met aussi en discussion les difficultés dans la réalisation de ces minirefrigerateurs et les modalités de les résoudre.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 4, 3 fig., 8 réf. bibl.

CD : 621.57 : 621.59 : 66.046.33

Iorga, Gh., Deac, I., Vasinca, I. : **Contributions à la réalisations des installations de liquéfaction de l'hélium**

L'ouvrage fait l'analyse des problèmes caractéristiques pour les installations destinées à produire les liquides cryogéniques, par exemple l'azote liquide, l'hydrogène et l'hélium liquide, avec des références spéciales au dernier. Les considérations théoriques présentées facilitent la compréhension du texte pour le lecteur moins familiarise avec le domaine des températures cryogéniques. Dans l'ouvrage on a inclu une description détaillée des installations et des cycles cryogéniques utilisés dans le monde et aussi de l'installations de liquefaction de l'hélium en cours d'achèvement à ICPIAF Cluj-Napoca.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 4, 5 fig., 2 tab., 4 ref. bibl.

CD : 621.438 : 621.59 : 66.046.33

Miron, Z., Iorga, Gh. : **Amélioration des turbo-détenteurs radiaux**

L'ouvrage présente une méthode pratique et simple de calcul d'optimisation des turbo-détenteurs utilisés en cryogénie. La méthode se prête au calcul numérique et peut être transposée sur un calculateur. Le processus d'optimisation détermine la valeur maxima du rendement adiabatique qui est présenté comme une fonction d'une variable unique. Les coordonnées du point de maximum peuvent être utilisées au calcul complet du turbo-détenteur.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 4, 6 fig., 2 réf. bibl.

INHALTSVERZEICHNIS

DK : 621.56/.59 : 621.56

Boboş, S., Dicher, Melania : **Modernisierung der kältesätze mit rohrverdampfung**

Der Artikel stellt die Modernisierung der Kältesätz mit Rohrverdampfung auf Grund der vorhandenen oder neu entwickelten Baugrupen dar. Die Modernisierung wird durch eine Wärmeaustauscherkombination (Verflüssiger und Verdampfer) die an verschiedenen Motorverdichtern angeschlossen werden. Durch diese Modernisierung wird das Erzeugnis auf ein höheres, mit dem der anderen weltbekannten Anlagen Qualitätsniveau gebracht, Dadurch wird ein weites Bereich von Kälte — bzw. Heizleistungsbedarfe gedeckt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 2 Bild., 4 Taf., 6 Lit.

DK : 621.56/.59 : 621.31

Ferecz, A. : **Typenserie von halbhermetischen Kältemotorverdichtern MCS—6,3 . . . MCS—112, wichtige Bestandteile der Kälteanlagen, Klimaanlagen und der modernen Wärmepumpen**

Es wird eine einheitliche halbhermetische Kältemotorverdichterserie mit Hubvolumen zwischen 6,3 und 112 m^3/h dargestellt. Die Verdichter verwenden die Kältemittel R 12, R 22 und R 502 und werden in Kälte — und Klimaanlagen serie in Wärmepum pen minderer und grösserer Leistungen. Ebenfalls werden die Voraussetzungen zur Erzielung von hoher Betriebszuver lässigkeit und hohen Leistungen.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 7 Bild., 1 Taf.

DK : 621.56/.59 : 66.047 : 66 : 093

Stanciu, V., Lemnian, E. : **Konstruktion und Erprobung der Idustrie-Liofilisierungsanlage**

Das Werk behandelt im allgemeinen das Liofilisationsprozes sowie die durch die Kostruktion, Herstellung und Erprobung der ersten rumanischen im ICPIAF Cluj-Napoca hergestellten Industrie — Liofilisierungsanlage gelosten technischen Fragen.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 9 Bild., 2 Taf., 10 Lit.

DK : 621.56/.59 : 621.51 : 621.313

Drumen, M. : **Konstruktion von eingebauten Asinchron-Electromotoren die zum antrieb der halbhermetischen Kälte-Motorverdichter eingesetzt werden**

Der Artikel stellt dei Resultate der Tätigkeit in ICPIAF Cluj-Napoca für die Projektierung der eingebauten Asynchron Elektromotoren mit Kurzschlussläufer hergestellt bei „Electromotor—Timişoara". Die unterschieldlichen Betriebs — und Antriebsbedingungen die sich durch sehr ungleiche Beanspruchung der Verdichterwelle und gleichzeitig durch die Innenverhältnisse im Verdichtergehäuse direkt auf den Motor auswirken forderten eine spezielle Konstruktion und Auslegung der Antriebsmotoren.

Construcţia de maşini, 40 ((1988), Nr. 4, 4 Bild., 1 Taf., 6 Lit.

DK : 621.56/.59 : 621.315.592 : 621.36

Vallaşek, Şt. : **Thermoelektrische Halbleitematerialien und derer einsatz in der Kaltetechnik und Energetik**

In der vorliegenden Arbeit wird die Methode zur Erzeugung der Kälte anhand der thermoeelektrischen Halbleitermaterialien dargestellt. Es wird die Fertigungstechnologie der thermoelektrischen Halbleiter und Modulen beschrieben. Anschliessend werden die thermoelektrischen Gefrieranlagen sowie die thermoelektrischen Erzeuger zur Umwandlung der Sonnenenergie dargestellt. Diese wurden im Rahmen des Forschungsund Entwicklungsplans im Bereich der Thermoelektrik realisiert.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 7 Bild., 2 Taf., 14 Lit.

DK : 621.57 : 621.59 : 66.046.33

Deac, I., Iorga, Gh., Miron, Z. : **Miniatur — Chryogensysteme**

Die Arbeit stellt die Tätigkeit des Chryogenielabors von ICPIAF im Bereich der Miniatur-Chryogensysteme. Es werden Minigefriergeräte Typ Joule-Thomson mit Temperaturen bis —196°C und Typ Stirling mit denen Temperaturen bis —131°C. erreicht worden sind. Dieser Typ kann entwickelt werden um Temperaturen bis —200°C zu erreichen. Es werden auch die hierbei enstandenen Schwierigkeiten besprochen souvie die Behebungs — mäglichkeiten.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 3 Bild., 8 Lit.

DK : 621.57 : 621.59 : 66.046.33

Iorga, Gh., Deac, I., Vasinca, I. : **Beiträge zur Realisierung von Helium Verflüssigungsanlagen**

Die Arbeit behandelt die mit den Anlagen zur Erzeugung von Chryogenischen Flüssigkeiten wie flüssiges Stickstoff, Wasserstoff, Helium, besonder der letztere verbundenen Problemen. Die kurzen theoretischen Betrachtungen die den mit den Tieftemperaturen wessiger gewandten Leser vertrant machen sollen sind durch eine genaue Beschreibung der weltbekannten Anlagen und Kreisläufen zur Verflüssingung des Helium souvie der in ICPIAF Cluj-Napoca entwickelten Heliumverflüssigungsanlage fortgesetzt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 5 Bild., 2 Taf., 4 Lit.

DK : 621.438 : 621.59 : 66.046.3

Miron, Z., Iorga, Gh. : **Optimierung der radialen Turboentspanner**

Es wird ein praktisches und einfaches Reckenverfahren zur Optimisierung der radialen Turboentspanner mit Anwendung in der Chryogenie. Das Verfahren ist für numerisches Rechnen geeignet und kann mit Buro-Miniprogrammrechnern durchgeführt werden. Die Optimisierung besteht aus der Erzielung des maximalen adiabatischen Wirkungsgrades als Funktion eines einzigen Parameters. Das Wert dieses, dem Maximums entsprechenden Parameters kann danach zur Berechnung eines Turboentspanners verwendet werden.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 6 Bild., 2 Lit.

DK : 621.56/.59

Miron, Z., Deac, I. : **Forschungen und Realisierungen in dem Chryolabor des I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca**

Nach einer kurzen Darstellung der Hamptsfufen in der Entwicklung der Chryogenie stellt das vorliegende Werk synthetisch die Realisierungen des Chryolabors des I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca, die entstandenen Sehwierigkeiten souvie die Art dieselben zu überwinden dar. Es werden die Richtungen, die Perspektiven souvie die Vervallkommung — und Ausdehnungswege der Anwendung der in dem I.C.P. I.A.F. hergestellten Einrichtungen besprachen.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 4, 4 Bild., 2 Lit.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК : 621.56\.59 : 621.56

Бобош, С., Дихер, Мелания : *Модернизация блоков охлаждения с испарителем в трубе*

Данная статья излогает модернизацию блоков охлаждения с испарителями в трубе на основе новых узлов, существующих или осваиваемых, модернизация осуществленная осваением некоторых комбинаций теплообменников (конденсаторы и испарители) связанные к разным мотокомпрессорам. С этой модернизации, изделие поднимается к высоком качественном уровне, сравниваемым с тем изготовленным известными фирмами, рзрешая удовлетворение требования потребителей по холодильных или тепловых мощностей существующих в общирной области.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 4, 2 рис., 4 таб., 6 лит.

ДК : 621.56\.59 ; 621.51

Ференц, А. : *Единая серия полугерметичных холодильных компрессоров типов МЧС-6,3 ... МЧС-112, существенный вклад в осуществлении современных конкурентноспособных холодильного оборудования, кондиционеров и тепловых насосов*

Представлена единая серия полугерметичных холодильных мотокомпрессоров с описанным объемом 6,3 ... 112 м³/час, работающих на холодильных агентах R 12, R 22 и R 502, предназначенных для укомплектирования холодильного оборудования, оборудования для кондиционирования воздуха и тепловых насосов малых и средних мощностей. Указаны пути обеспечения высоких показателей и надежности.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 4, 7 рис., 1 таб.

ДК : 621.56\.59 : 66.047 : 66.093

Станчу, В., Лемняну, Е. : *Аспекты по проектированию и испытанию первой промышленной установки для лиофилизации*

Данная работа излогает процесс лиофилизации в общем и технические вопросы решенные проектированием, изготовлением и испытанием первой румынской установки для лиофилизации, в промышленных целях, осуществленной ИЧПИАФ-ом г. Клуж-Напока.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 4, 9 рис., 2 таб., 10 лит.

ДК : 621.56\.59 : 621.51 : 621.313

Друмен, М. : *Аспекты по проектированию встроенных асинхронных электродвигателей применяемых к приводу холодильных полугерметичных мотокомпрессоров*

Данная статья излогает результаты проектирования, в рамках ИЧПИАФ г. Клуж-Напока, встроенных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутным ротором, выпускаемых предприятием «Электромотор» г. Тимишоара. Особенные условия работы и привода, материализованные большой неравномерностью нагрузки на валу компрессора, а также условиями внутренной среды картера мотокомпрессора, действующими непосредственно над электродвигателем, требовалось новый тип конструкции и определения размеров приводных электродвигателей.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 4, 4 рис., 1 таб., 6 лит.

ДК : 621.56\.59 : 621.315.592 : 621.36

В данной работе представлен метод получения холода с помощью термоэлектрических полупроводных материалов. Описывается технология производства полупроводниковых термоэлементов и термоэлектрических модулей. В заключении представлены охлаждающие термоэлектрические установки и термоэлектрические генераторы для преобразование солнечной энергии, созданные в рамках темы иследования и перспективных направлений исследования в области термоэлектричества.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 4, 7 рис., 2 таб., 14 лит.

ДК : 621.57 : 621.59 : 66.046.33

Деак, И., Иорга, Г., Мирон, З. : *Миниатурные криогенные системы*

Данная работа излогает занятия криогенной лаборатории ИЧПИАФ-а в области миниатурных криогенных систем. Здесь описанны миниатурные холодильники типа Джоул-Томсон, работающие на —196°С и типа Стирлинг, с самой низкой достигнутой температурой —131°С, но которых можно усовершенствовать для работы на —200°С. Здесь указаны появлявшиеся трудности при осуществлении этих миниатурных холодильников и способ устанения этих трудностей.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 4, 3 рис., 8 лит.

ДК : 621.57 : 621.59 ; 66.046.33

Иорга, Г., Деак, И., Васинка, И. : *Содействия при осуществления установок для сжижения гелия*

Настоящая работа излогает вопросы относящие к установкам предназначенным для получения криогенных жидкостей, как жидкого азота, жидкого водорода, жидкого гелия, с особенной ссылкой к последнему. Краткие теоретические соображения предназначеные для ознакомления читателя меньше знающего в области криогенных температур, продолжены детализацией установок и циклов сжижения гелия на мировом уровне а также с изложением установки для сжижения гелия, находяшейся в курсе оканчания у ИЧПИАФ г. Клуж-Напока.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 4, 5 рис., 2 таб., 4 лит.

ДК : 621.438 : 621.59 : 66.046.33

Мирон, З., Иорга, Г. : *Оптимизация радиальных трубодетандеров*

В этой работе представляется простой и практический метод расчета оптимизации для радиальных трубодетандеров, применяемых в криогении. Метод применяется к цифравой вычислительной технике и может быть приведен на миниатурных камерных програмируемых вычислительных машин. Процесс оптимизации из нахождения максимума адиабатического к п д., как функцина одного параметра. Значение этого параметра соответствует максимума и может быть потом применен к расчету конкретно одного турбодетандера.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 4, 6 рис., 2 лит.

ДК : 621.56\.59

Мирон, З., Деак, И. : *Исследования и результаты в И.Ч.П.И.А.Ф., г. Клуж-Напока*

После краткого изложения основных моментов развития криогении, доклад представляет результаты коллектива криогенической лаборатории института И.Ч.П.И.А.Ф, г. Клуж-Напока, появившиеся трудности и способы их преодоления. Рассматриваются тенденции, перспективы, пути усовершенствования в применении криогенического оборудования, созданного в И.Ч.П.И.А.Ф.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 4, 4 рис., 2 лит.

CZ : 621.73

Prodaniuc, N., Lazăr, V., Vlaicu, L. : **Noi forme de relief pentru suprafețe de frecare și procedeu pentru generarea acestora prin vibrorulare**

Rezistența la uzură a cuplelor de frecare depinde în mare măsură de starea suprafețelor de contact. Pentru obținerea unor suprafețe de frecare cu un anumit microrelief s-a extins utilizarea procedeelor de prelucrare prin deformare plastică superficială, elaborîndu-se și unele procedee noi în acest domeniu. Un astfel de procedeu este și prelucrarea prin deformare plastică superficială prin rulare cu sculă vibratoare (vibrorularea), care în esență constă în imprimarea pe suprafața piesei a unei rețele de microcanale de formă sinusoidală. În lucrare sînt descrise construcția unui dispozitiv de vibrorulat, desfășurarea procesului de vibrorulare și formele de macro și microrelief ce se pot obține prin acest procedeu de prelucrare.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 4, 7 fig., 11 ref. bibl.

DC : 621.73

Prodaniuc, N., Lazăr, V., Vlaicu, L. : **New relief Forms for friction Surfaces and Method of Generating them by means of Vibrorolling**

The resistance to wear of the friction couples depends to a great extent on the state of the contact surfaces. To obtain some friction surfaces having a certain microrelief, the utilization of the machining procedures by plastic deformation has been extended also elaborating new procedures in this field. Such a procedure is the superficial plastic deformation machining by rolling with a vibrating tool (vibrorolling), which essentialy consists in imprinting a network of sine microgrooves on the surfaces of the part. The work presents the construction of a vibrorolling device, the course of the vibrorolling process, and the macro and microrelief forms which can be got by this machining procedure.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 4, 7 Figs., 11 Paps.

CD : 621.56 59

Miron, Z., Deac, I. : **Recherches et réalisations dans l'I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca**

Après une présentation succinte des étapes principales dans l'évolution de la cryogénie, l'ouvrage presente synthetiquement les réalisations du collectif du laboratoire de cryogénie de l'I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca, les difficultés soulevées ainsi que les modalités de les depasser. On y discute aussi les tendences, les perspectives et les voies de perfectionnement et d'extension de l'aplication de l'équipment cryogénique réalisé dans l'I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 4, 4 fig., 2 ref. bibl.

CD : 621.73

Prodaniuc, N., Lazăr, V., Vlaicu, L. : **Nouvelles formes de rélief pour les surfaces de frottement et le procédé de les générer par vibroroullage**

La resistance à l'usure des accouplement à friction depende essentiellement de l'état des surfaces de contact. Pour obtenir des surfaces de friction avec un relief défini on a appliqué le procédé de deformation plastique superficielle. Dans ce but on a élaboré de divers procédés, tel que l'ousinage par deformation plastique superficielle par vibroroulage qui consiste dans l'impression d'un réseau de canaux de forme sinusoide sur la surface des pièces. Dans cet ouvrage seront présentés la construction d'un vibrorouleur, le procédé de vibroroulage ainsi que les formes de micro- et macrorélief qui peuvent être obtenues à láide de ce procédé.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 4, 7 fig., 11 ref. bibl.

DK : 621.73

Prodaniuc, N., Lazăr, V., Vlaicu, L. : **Neue Reflielformen für Reibungsflachen und derer Bildungsverfahren durch Schwingrollen**

Die Verschleissfestigkeit der Reibkupplungen ist grösstenteils von der Beschaffenheit der Kontaktfläche abhängig. Zur Erzielung von Reibungsflächen mit eim gewissen Relief wurde das Bearbeitungsverfahren durch oberflächliche plastische Verformung verwendet; Hierbei wurden verschiedene Verfahren entwickelt. Ein solches is die Bearbeitung durch oberflächliche plastische Verformung durch Schwingrollen die im wesentlichen aus der Einprägung eines sinusoidalförmigen Mikronutennetzes auf die Oberfläche des Bauteils besteht. Im vorliegenden Werk ist die Bauart eines Schwingrollers, das Schwingrollnerfahren sowie die Mikro — und Makroreliefformen die durch dieses Verfahren erzielt werden können beschrieben.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 4, 7 Bild., 11 Lit.

ДК : 621.73

Проданюк, Н., Лазар, В., Влайку, Л.: *Новые виды рельефов поверхностей трения и способ их образования виброобкатыванием*

Износостойкость пар трения зависит, в большой степени, от состояния контактирующих поверхностей. Для получения поверхностей трения с определенным микрорельефом расширилось применение способов обработки поверхностным пластическим деформированием и созданы новые способы обработки в этой области. Таким способом является обработка поверхностным пластическим деформированием путем обкатывания вибрирующим элементом (виброобкатывание), которая, в сущности, состоит из выдавливания на поверхности деталей сети микроканавок синусоидальной формы. В работе описаны конструкция приспособления для виброобкатывания, процесс виброобкатывания и получаемые, таким способом, формы макро и микрорельефов поверхностей.

Construcția de mașini, 40 (1988),
н. 4, 7 рис., 11 лит.

Revista „CONSTRUCȚIA DE MAȘINI", organ al Ministerului Industrei Construcțiilor de Mașini din Republica Socialistă România. Redacția la : Oficiul de informare documentară pentru industria construcțiilor de mașini, cu sediul în București, Calea Victoriei, 133, sector I, telefon 50.31.30 ; sau 59.71.35. Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament ICTCM, 30.16.7.01.01 B.N.—R.SR.. filiala sector IV sau prin mandat poștal la ICTCM, șos. Olteniței nr. 105, București, sector 4, pentru revista „Construcția de mașini". Tarif : 150 lei anual. Costul unui exemplar : 12,50 lei. Index D.E.P. 41023

Tiparul : Tipografia „Ploiești" str. Transilvaniei, nr. 29.

I. C. T. C. M.

principalele domenii de activitate

1 Prelucrări Mecanice

Linii de prelucrare cu manipulare automată ;
sisteme complexe de fabricație ;
scule și dispozitive speciale ;
instalații de colectare a șpanului.

2 Prelucrări prin Tehnologii Neconvenționale

Tehnologii și utilaje pentru prelucrări prin :
electroeroziune ;
electrochimie ; debavurare electrochimică ;
laser ;
ultrasunete ;
fascicul de electroni.

3 Ștanțare și Deformări Plastice la Rece

Tehnologii și utilaje speciale de ștanțare ;
ștanțe complexe ;
tehnologii și scule speciale pentru deformări la rece ;
dispozitive automate de alimentare și transfer pentru prese.

4 Tratamente de Suprafață

Tehnologii, echipamente tipizate și sisteme complexe pentru :
spălarea pieselor ;
pregătirea suprafețelor prin alicare ;
acoperiri metalice ;
acoperiri prin vopsire.

5 Manipularea Automată

Sisteme cu roboți industriali ;
manipulatoare industriale ;
tehnologii și dispozitive de manipulare.

6 Montaj

Tehnologii de montaj mecanizat și automatizat ;
mașini și linii de montaj cu diferite grade de mecanizare și automatizare ;
echipamente pentru montajul selectiv ;
componente tipizate pentru sisteme de montaj.

7 Control Activ Interoperațional și Final

Mașini specializate de măsură și control ;
tehnologii și echipamente de control dimensional ;
cercetări de fiabilitate pentru echipamente mecanice.

8 Transportul Pneumatic Containerizat

Tehnologii și echipamente pentru transportul materialelor pulverulente, granulate și în vrac.

9 Organe de Mașini de Uz General

Studii și tipizări de angrenaje și mecanisme de acționare ;
cercetarea și proiectarea de reductoare, motoreductoare, variatoare de turație, cuplaje, ambreiaje și torpedouri de uz general și construcții speciale ;
atestarea prin expertize a parametrilor funcționali și a fiabilității organelor de mașini și mecanismelor funcționale ;
tribologie, studiul frecării și ungerii ;
studiul zgomotelor și vibrațiilor ;
folosirea materialelor noi în construcții de mașini.

10 Proiectarea Asistată de Calculator

Sisteme pentru pregătirea tehnologică a fabricației asistată de calculator pentru serii mici și mijlocii.

Elaborarea de pachete de programe :

— LIPCON — Programarea mașinilor-unelte cu comandă numerică ;
— LIPFOG — Elaborarea semiautomată a planurilor de croire table ;
— proiectarea constructivă asistată de calculator.

Exploatarea curentă pe echipamente din dotare (calculator, masă de desenat).

CZ : 621.56/.59 : 621.56

Modernizarea grupurilor de răcire cu vaporizare în țeavă

Ing. Sabin **BOBOȘ**, ing. Melania **DICHER** — I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca

Introducere

Dezvoltara accentuată a economiei mondiale a condus la solicitarea unui număr tot mai mare de utilaje frigorifice, la necesitatea realizării unor utilaje fiabile, cu un înalt grad de automatizare.

Progresul tehnic din ultimele decenii, în domeniul instalațiilor frigorifice, se reflectă prin apariția mașinilor frigorifice complete, asamblate monobloc.

La noi în țară, materializarea ideii de realizare a unor instalații frigorifice complete în construcție monobloc s-a realizat încă din anul 1969, cînd a fost proiectat și executat primul grup de răcire care utiliza primul compresor semiermetic tip SF 2 U—20 avînd o putere frigorifică de 20.000 kcal/h, la —15/+40/+ +35/+20°C, pentru R 12. Tot în această perioadă au apărut primele grupuri de răcire care utilizează compresoare frigorifice rapide de 224, 315 și 450 m^3/h.

Diversificarea fabricației instalațiilor frigorifice, livrate monobloc sau în carcase, a condus la o mare varietate de subansamble componente de bază (compresoare, vaporizatoare, subrăcitoare), armături frigorifice (robinete de închidere, robinete, de reglaj, vizoare și indicatoare de curgere și de nivel, fitinguri) elemente de automatizare foarte variate și scheme de principiu și de automatizare adaptate, documentații tehnice și condiții de execuție diferențiate, chiar și pentru aceeași categorie de produse sau operații.

Considerăm că prin modernizarea constructivă a grupurilor de răcire se vor realiza importante economii în sfera producției materiale și manoperei necesare executării produselor, îmbunătățindu-se calitatea, fiabilitatea și durata de viață.

Domeniul de utilizare

Grupurile frigorifice tip GFA, GFR, GFx, funcționînd cu agenți frigorifici NH_3, R 12 sau R 22 și cu compresoare deschise, cu cilindreea orară de 160; 224; 315; 450; 630; 765; 300 m^3/h pot fi utilizate în următoarele regiuni de funcționare :

PC — pompe de căldură ;
C — condiționare ;
M — medii ;
J — joase.

Condițiile de mediu ambiant în care lucrează grupurile frigorifice trebuie să corespundă cu STAS 3142—68 „Instalații frigorifice. Temperaturi exterioare".

În regim de pompă de căldură, grupurile sînt utilizate în scopul recuperării căldurii din resurse energetice refolosibile, căldura obținută fiind utilizată la prepararea apei calde de 55°C respectiv de 75°C (valori nominale), agentul frigorific utilizat fiind R 12. Calitatea apei utilizate va fi în conformitate cu prescripțiile tehnice C 35—83.

În regimurile de condiționare, medii și joase, grupurilor frigorifice se utilizează ca grupuri de răcire pentru răcirea lichidelor corozive, utilizate la liniile de îmbuteliere pînă la temperatura de min. 7±2°C, pentru răcirea lichidelor de uz general, pînă la temperatura de 10°C (valori nominale), sau într-o serie de procese tehnologice din diverse ramuri industriale, unde este necesară asigurarea unor debite de lichide de răcire la temperaturi joase. Dacă se realizează, în paralel, și recuperarea căldurii de condensare, grupurile frigorifice funcționează în regim frigoterm.

Grupurile compresor condensator cu compresor ∅97, constituie o parte integrantă a instalației frigorifice, asigurînd comprimarea și lichefierea agentului frigorific, urmînd ca în vaporizatorul instalației frigorifice pe care o deservește să se producă absorbția de căldură de la mediul răcit, prin vaporizarea agentului frigorific.

Fiind utilaje complete, modulate, grupurile compresor-condensator cu compresoare ∅97 pot fi ușor integrate în orice instalație frigorifică, reducîndu-se la minimum cheltuielile de instalare și punere în funcțiune.

Necesitatea modernizării

Modernizarea grupurilor frigorifice, realizată prin asimilarea unor combinații de schimbătoare de căldură (condensatoare și vaporizatoare) cuplate cu diverse motocompresoare, permite satisfacerea cerințelor beneficiarilor, de puteri frigorifice, respectiv de puteri de încălzire disponibile într-un domeniu foarte larg, cu specificația că soluțiile constructive unitare și gama restrînsă de tipodimensiuni, să aducă produsul la un nivel competitiv cu produsele firmelor consacrate.

Tabelul 1

Nr. crt.	Denumirea etapei de elaborare a produsului	Modul de realizare a tipizării și unificării	Consecințele modernizării
1.	Etapa de concepție	a) Integrarea in produsul finit a unor componente tipizate	a) Micșorarea efortului și ciclului de asimilare
		b) Utilizarea produselor tipizate și a proiectelor de execuție tip	b) Reducerea cheltuielilor de proiectare
		c) Realizarea economiilor la studiile de laborator, la alcătuirea modelului experimental și a prototipului	c) Reduceri ale cheltuielilor de cercetare
2.	Etapa de pregătire a fabricației	a) Simplificarea tehnologiei de fabricație a produsului, utilizarea tehnologiei tip, reducerea numărului de SDV-uri și utilaje	a) Reducerea cheltuielilor de pregătire a fabricației
3.	Etapa de producție (fabricație)	a) Creșterea capacității de fabricație datorită măririi seriilor de fabricație	a) Reducerea cheltuielilor de fabricație
		b) Mărirea gradului de mecanizare și automatizare a procesului de producție	b) Creșterea productivității muncii
		c) Reducerea consumului manoperă, de material, energie electrică și a timpului de utilizare a mașinilor	c) Reducerea cheltuielilor de fabricație
		d) Specializarea și profilarea întreprinderilor (secțiilor)	d) Creșterea calității produselor
4.	Etapa de exploatare	a) Scurtarea timpului de reparații prin înlocuirea rapidă a piesei, a blocului funcțional sau a subansamblului direct	a) Reducerea cheltuielilor de întreținere

Consecințele modernizării grupurilor frigorifice și a grupurilor compresor-condensator cu compresoare de ∅97 sînt cele scontate ca efecte ale tipizării și unificării produselor. Ele se găsesc în toate etapele de elaborare a produsului, începînd cu cea de concepție și terminînd cu cea de exploatare (tab. 1).

Caracteristici tehnice

Caracteristicile tehnice și componența grupurilor frigorifice unificate tip GF—160, 224, 315, 450 sînt redate în tabelele nr. 2—5 iar schemele de principiu și amplasare sînt redate în figurile 1 și 2.

Tabelul 2

Nr. crt.	Tipul caracteristicii	U.M.	GF—160		
1.	Cilindreea orară nominală a compresorului	[m³/h]		160±5 %	
2.	Agent frigorific utilizat	—	NH_3	R12	R22
3.	Puterea frigorifică în regimurile				
	a) condiționare	[kW]	160	87	149
	b) medii	[kW]	51	31,5	51
	c) joase	[kW]	34	14	27
4.	Dimensiuni de gabarit				
	— lungimea	[mm]		3300	
	— lățimea	[mm]		1600	
	— înălțimea	[mm]		1500	

Tabelul 3

Nr. crt.	Tipul caracteristicii	U.M.	GF—224			
1.	Cilindreea orară nominală	[m³/h]			224±5 %	
2.	Agentul frigorific utilizat	—	NH_3	R 12		R 22
3.	Puterea frigorifică în reg. :					
	a) Condiționare	[kW]	213	116		199
	b) Medii	[kW]	68	42		68
	c) Joase	[kW]	46	19		36
4.	Dimensiuni de gabarit					
	a) lugimea	[mm]		3300		
	b) lățimea	[mm]		1600		
	c) înălțimea	[mm]		1500		

Tabelul 4

Nr. crt.	Tipul caracteristicii	U.M.	GF—315		
1.	Cilindreea orară nominală	[m³/h]		315±5 %	
2.	Agentul frigorific	—	NH_3	R 12	R 22
3.	Puterea frigorifică în reg.				
	a) Condiționare	[kW]	320	174	298
	b) Medii	[kW]	102	63	102
	c) Joase	[kW]	68	28	54
4.	Dimensiuni de gabarit				
	a) lungimea	[mm]	3300	3300	
	b) lățimea	[mm]		1600	
	c) înălțimea	[mm]		1500	

Tabelul 5

Nr. crt.	Tipul caracteristicii	U.M.	GF—450		
1.	Cilindreea orară nominală	[m³/h]		450±5 %	
2.	Agentul frigorific	—	NH_3	R 12	R 22
3.	Puterea frigorifică în reg.				
	a) Condiționare	[kW]	426	232	398
	b) Medii	[kW]	136	84	136
	c) Joase	[kW]	92	38	72
4.	Dimensiuni de gabarit				
	a) lungimea	[mm]		4000	
	b) lățimea	[mm]		1650	
	c) înălțimea	[mm]		1500	

Soluții noi utilizate în construcția vaporizatoarelor

Vaporizatoarele utilizate în grupurile frigorifice-unificate cu compresoare ∅ 97 sînt vaporizatoare multitubulare orizontale cu vaporizarea agentului frigorific în interiorul țevilor, la care se aduc îmbunătățirile constructive :

a) Distribuirea agentului frigorific lichid se va realiza prin intermediul unei plăci distribuitoare, realizîndu-se în acest mod o încărcare uniformă a țevilor pe partea de agent și pentru

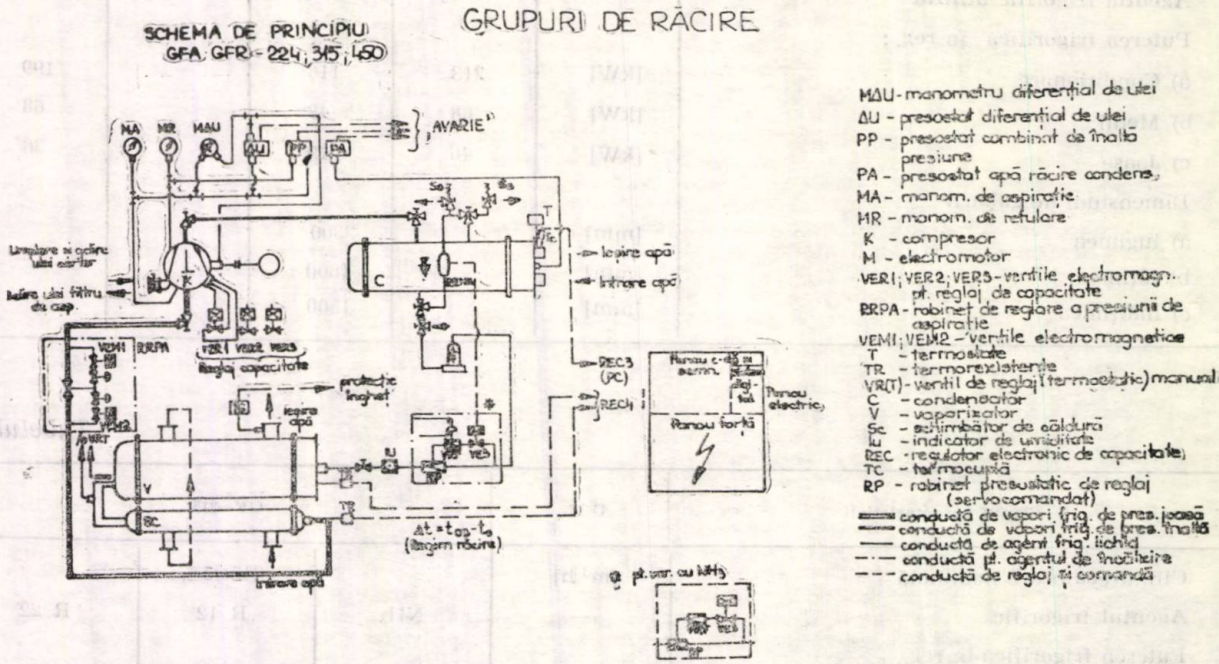
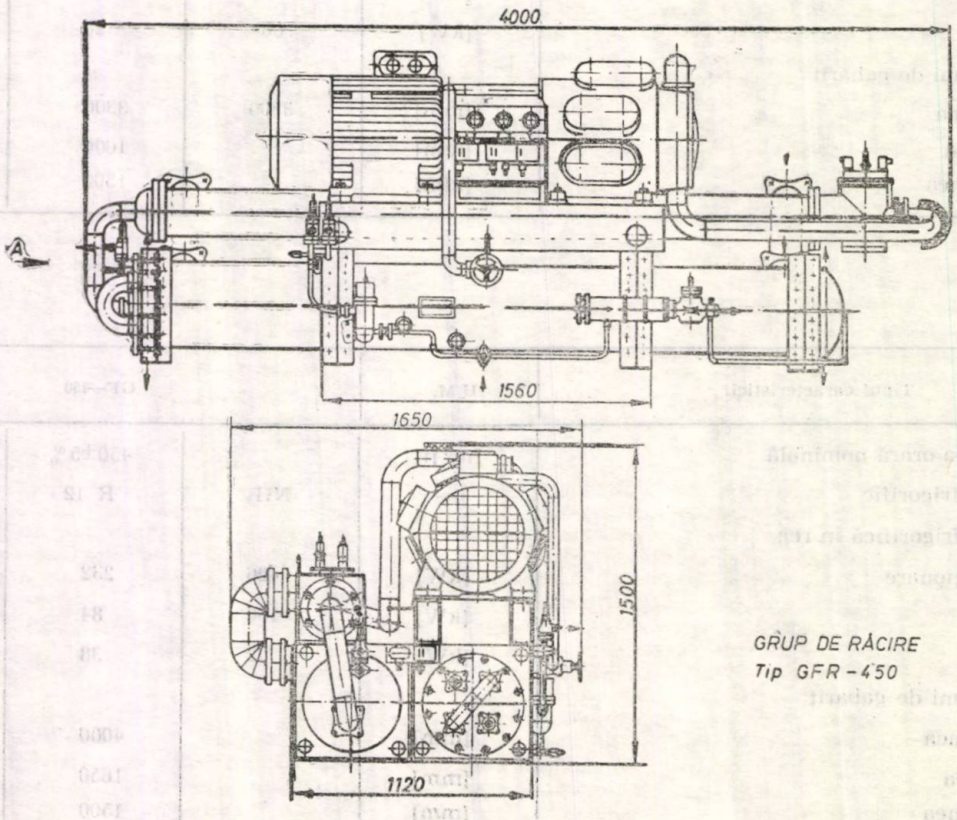


Fig. 1



GRUP DE RĂCIRE
Tip GFR-450

Fig. 2

realizarea uniformizării scăderilor de presiune pe fiecare țeavă să se realizeze aspirația gazului prin filtru.

b) Sistem de captare a uleiului la diferite nivele ale lichidului și reîntoarcerea în circuit prin ejector cu gaze de înaltă presiune.

c) Discuri de reazem injectate din material plastic. Flotarea discurilor de reazem, în funcție de deplasările fasciculului de țevi, este posibilă datorită îmbinării libere „prin crestături" a discurilor cu longeroane libere.

d) Pentru ca să nu apară variante de plăci tubulare din punct de vedere al tehnologiei de execuție a găurilor se vor utiliza țevile din oțel de ∅ 20.

Concluzii

Modernizarea grupurilor frigorifice și a grupurilor compresor-condensator cu compresoare ∅ 97 conduce la :

— realizarea unor grupuri frigorifice și a unor grupuri compresor-condensator cu performanțe tehnice similare cu ale produselor fabricate de firmele consacrate, condiții esențiale pentru asigurarea competitivității pe piața externă;

— îmbunătățirea calității și fiabilității grupurilor;

— reducerea cheltuielilor de montaj la beneficiar și reducerea spațiilor de amplasare ;

— livrarea într-o formă compactă asigură condiția de acuratețe, garantată de către furnizor.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x : STAS 11269 compresoare. Temperaturi de referință.

[2] ICPIAF Studiu privind dezvoltarea compresoarelor frigorifice în R.S.R., ediția I/1986, decembrie.

[3] x x x : ICPIAF Studiu de oportunitate „Vaporizatoare cu vaporizare în țeavă" contract nr. 28/1986.

[4] ICPIAF Studiu de tipizare unificare „Grupuri de răcire și pompe de căldură cu compresoare ∅97" vol 1.—4, contr. nr. 275/82.

[5] x x x : ICPIAF Notă de comandă „Motocompresoare frigorifice MCA—8vv—450 MCA—4v—224, MCA—6w—315. Modenizare" Contract nr. 353/1986.

[6] x x x : ICPIAF Completare nr. 1 la propunerea de inovație „Familie unificată prin grup pompă căldură, grup răcire și grup compresor-condensator cu compresoarele 315 și 450 mc/h pentru răcire de la —18—110°C, încălzire și recuperare căldură", care fac obiectul dasarului nr. 29/1986. 1986.

CZ : 621.56/.59 : 621.51

Seria unitară de motocompresoare frigorifice semiermetice tip MCS—6,2...MCS—112, contribuție substanțială la realizarea utilajelor frigorifice pentru condiționat aer și a pompelor de căldură moderne, competitive

Ing. Attila **FERENCZ** — I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca

Generalități

Dezvoltarea rapidă a industriei alimentare, a rețelei comerciale, a condiționării tehnologice și de confort, a transportului terestru și naval, a pompelor de căldură de puteri mici și mijlocii, pe plan intern și mondial, determină în prezent o cerere crescîndă de compresoare frigorifice semiermetice, funcționînd cu agenți frigorifici de siguranță ca R 12 ; R 22 ; R 502 etc. (hidrocarburi halogenate).

Ca utilaje de întreținere a funcționării circuitelor frigorifice de putere mică și mijlocie, se folosesc compresoare frigorifice cu piston, deschise sau închise (ermetice și semiermetice).

Factorul hotărîtor în apariția utilizării motocompresoarelor semiermetice este solicitarea crescîndă a instalațiilor automatizate funcționînd cu agenți frigorifici de siguranță. În ipoteza folosirii instalațiilor automatizate, fără mecanici frigotehniști, se cere o garanție certă în prevenirea scăpărilor de agenți frigorifici. În cazul compresoarelor deschise, cu presetupă la ieșirea arborelui din carter, este necesară o supraveghere chiar dacă nu permanentă, dar destul de frecventă. Cel de-al doilea factor care impune folosirea motocompresoarelor semiermetice este nivelul de zgomot mult mai redus (56 ... 70 dB) față de motocompresoarele deschise (de 80-90 dB).

Asigurarea ridicării, la nivelul scontat, a productivității muncii în ramurile dotate cu utilaje frigorifice, de condiționat aer tehnologice și de pompe de căldură mici și mijlocii depinde în mare măsură și de calitatea compresoarelor

Tabelul 1

Temperatura de vaporizare, în [°C]			Temperatura de condensare în [°C]		
regimul de temperaturi	înalte	—4 ... +15	condiții de exploatare	normale	max. 40
	medii	—15 ... —5		grele	+41 ... +55
	joase	—45 ... —16			

frigorifice. Deci utilizarea, în ramurile amintite, a motocompresoarelor frigorifice semiermetice este un imperativ al epocii actuale, al revoluției tehnico-științifice.

Pe plan mondial, tendințele dezvoltării construcției de instalații frigorifice, de condiționat aer și de pompe de căldură demonstrează lărgirea utilizării motocompresoarelor semiermetice, în sensul pătrunderii lor în domeniul puterilor frigorifice și termice tot mai mari.

Față de motocompresoarele frigorifice compuse din compresor, motor electric și placă de bază, cele semiermetice sînt superioare și din punctul de vedere al utilizării metalului. Consumul de metal, respectiv masa raportată la cilindreea orară, în condiții identice, este de circa 1,5 ori mai redus.

Noile compresoare frigorifice, care urmează să fie prezentate în continuare, marchează îmbunătățiri substanțiale, constituie o îmbogățire reală a gamei de compresoare frigorifice și corespund întocmai cerințelor economice naționale asigurînd o eficiență sporită și totodată o competitivitate corespunzătoare, pe piața mondială.

Descrierea seriei unitare de motocompresoare semiermetice

Seria unitară de motocompresoare frigorifice semiermetice funcționînd cu agenții frigorifici halogenați (hidrocarburi halogenate) R 12, R 22 și R 502, la regimuri de temperaturi joase, medii și înalte, la turație sincronă de 1500 rot. min^{-1}, se caracterizează prin următorul șir de cilindree orară : 6,3 14 28 56 80 112 mc/h

Pentru antrenarea celor șase tipuri de motocompresoare semiermetice, servesc motoarele electrice asincrone trifazate, cu rotorul în scurtcircuit, alimentate de la rețeaua de curent de 380 V și 50 Hz.

Circuitele instalațiilor frigorifice de condiționat aer și de pompe de căldură funcționează în următoarele limite de temperaturi (tab. 1).

Motocompresoarele frigorifice în cauză, funcționînd la temperaturi de referință, precizate în STAS 11268-79 (D 41) „Utilaj frigorific. Compresoare. Temperaturi de referință", acoperă domeniile de puteri frigorifice redate în figura 1.

Caracteristicile constructive principale ale motocompresoarelor sînt redate în tabelul 1 și reprezentate în figurile 2 ... 7.

Construcția motocompresoarelor prezentate asigură funcționarea lor, la toate regimurile, cu durata activă 100 %.

Datorită răcirii cu gazele reci aspirate, a motoarelor electrice înglobate la motocompresoarele funcționînd la temperaturi înalte și la o bună parte din regimurile de temperaturi medii nu este necesară răcirea suplimentară. La regimuri de temperaturi medii, apropiate de limita inferioară, și la regimuri de temperaturi joase, este necesară răcirea suplimentară, fie cu capace de cilindri răcite cu apă, fie cu un ventilator.

Motocompresoarele prezentate, din seria unitară de 6,3 ... 112 mc/h, sînt de construcție în contracurent cu comprimarea într-o singură treaptă a vaporilor de agenți frigorifici.

Blocul de cilindri formează, la fiecare motocompresor, corp comun cu carterul și cu carcasa motorului electric înglobat. Bielele sînt accesibile prin placa de fund a carterului. Ungerea motocompresoarelor tip MCS-6,3 și MCS-14 (fig. 2 și 3) se asigură cu aruncător centrifugal de ulei, iar la tipurile MCS-28, MCS-56, MCS-80 și MCS-112 (fig. 4 ... 7) printr-o pompă reversibilă cu roți dințate.

Motocompresoarele sînt dotate cu robinet de aspirație și de refulare, cu racorduri pentru egalizarea pe partea de ulei și de gaz a carterului, ceea ce facilitează conectarea în paralel a mai multor motocompresoare. Rotorul motorului electric este montat pe capătul în consolă al arborelui cotit, formînd un sistem unitar rotor-arbore.

Motocompresoarele în cauză, datorită posibilității conectării în paralel a mai multor motocompresoare și anume de la 2 pînă la 4 bucăți, acoperă un domeniu larg de cilindree, de la 6,3 ... 448 mc/h.

Sistemul sus menționat oferă următoarele avantaje :

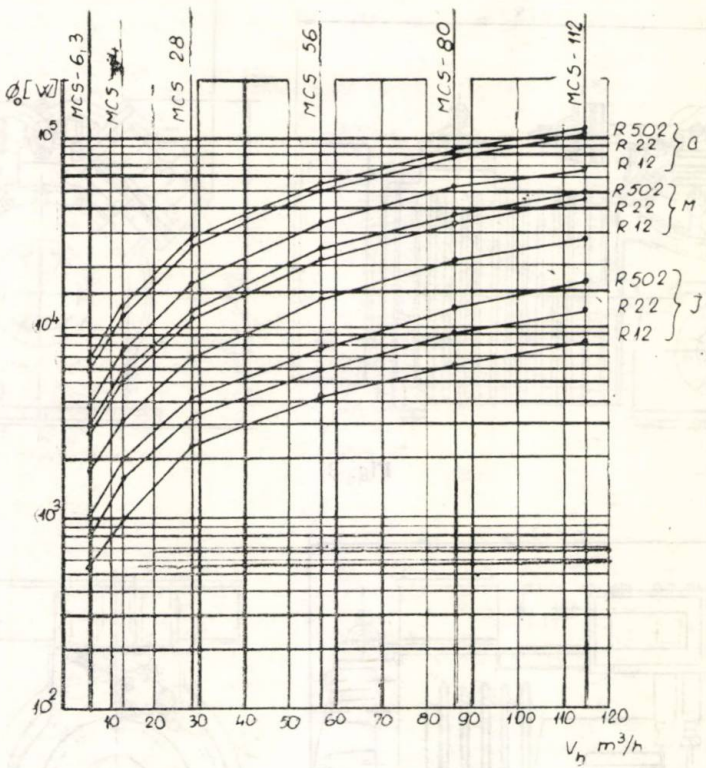
— cu un singur tip de compresor se pot realiza mai multe utilaje de puteri diferite, de la putere simplă pînă la cea de patru ori mai mare ;

— contribuie la creșterea fiabilității ansamblului utilajului frigorific. În cazul defectării unui singur motocompresor, instalația își păstrează disponibilitatea ;

— datorită posibilității de separare, prin închiderea robinetului de aspirație și de refulare, remedierea unui compresor poate fi efectuată chiar la fața locului, sau se poate proceda cu ușurință la înlocuirea acestuia ;

care compresor poate fi pornit și oprit separat și independent.

În ipoteza sistemului prezentat, exploatarea este foarte economică și eficientă. Se are în vedere și influența asupra factorului de putere



$C(t_o = +5°C)$, $M(t_o = -15°C)$, $J(t_o = -35°C)$

$t_k = +40°C$, $t_{as} = +20°C$, $\Delta t_{sr} = 0$,

Fig. 1

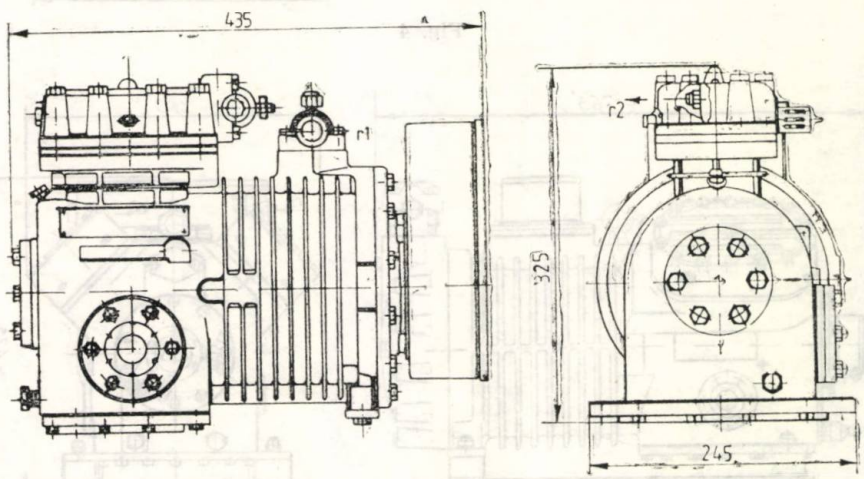


Fig. 2

— reglarea puterii frigorifice poate fi realizată, în baza comenzii presostatice sau termostatice, pentru fiecare compresor în parte. Fiecare compresor poate fi pornit și oprit separat și independent.

În ipoteza sistemului prezentat, exploatarea este foarte economică și eficientă. Se are în vedere și influența asupra factorului de putere al rețelei electrice de alimentare. Prin aplicarea unui releu de timp, pornirea compresoarelor se produce succesiv, ceea ce asigură apariția

curenților de pornire mici. Astfel, în cazul folosirii a două motocompresoare semiermetice, curentul de pornire va fi de două ori mai mic

ție a unor capacități noi, acolo unde rețeaua nu poate suporta supraîncărcări, chiar dacă sînt de scurtă durată.

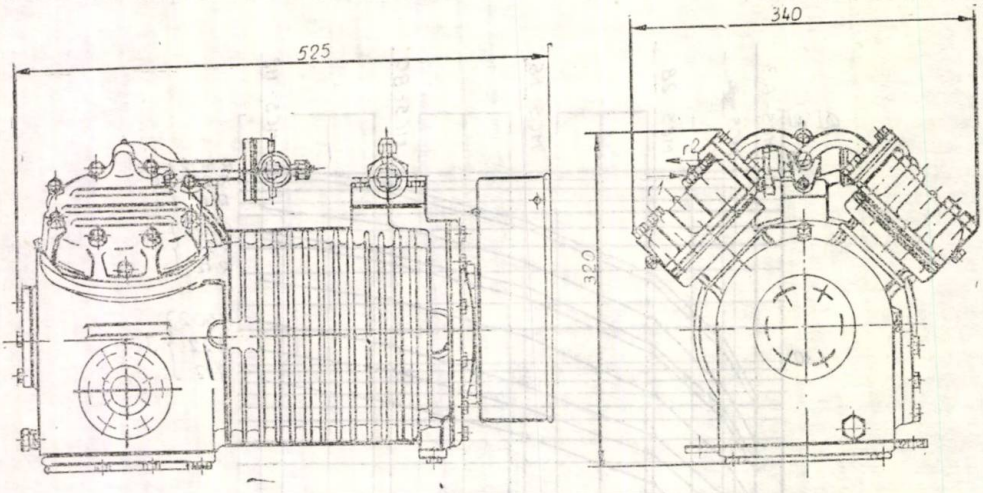


Fig. 3

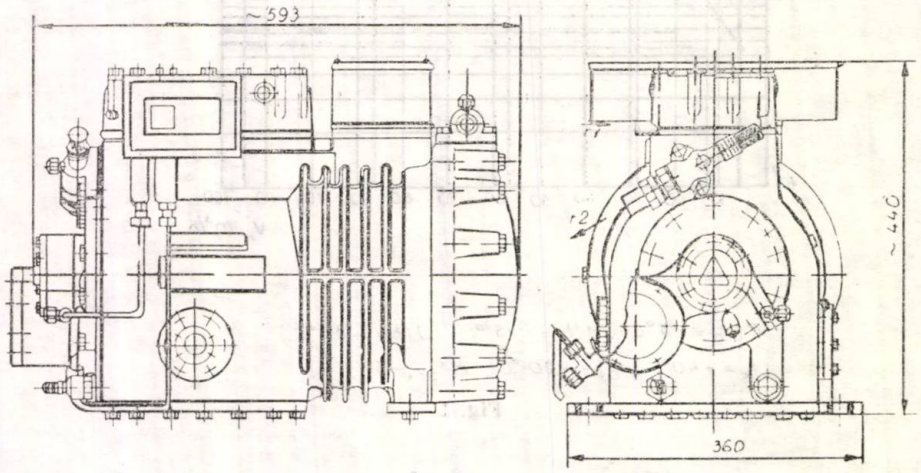


Fig. 4

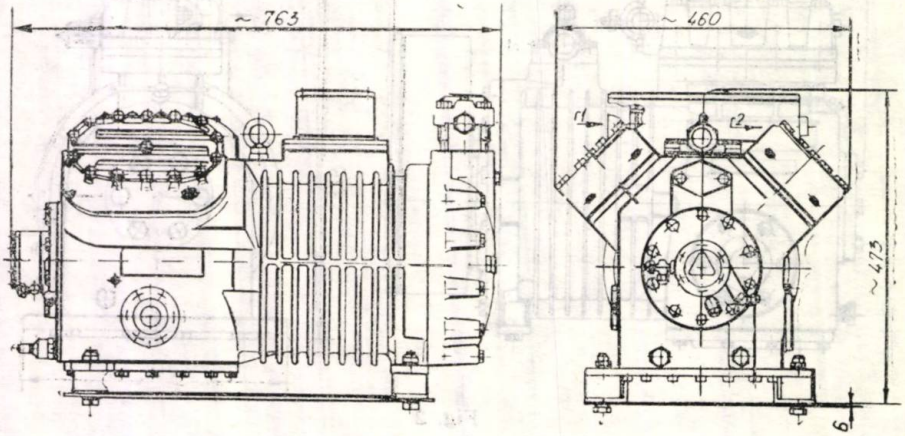


Fig. 5

și la patru motocompresoare, de patru ori. Deci, sistemul prezentat facilitează punerea în funcLa varianta utilizării unui motocompresor de putere ridicată și cu reglaj de putere, la sar-

cini parțiale, odată cu scăderea puterii consumate de motorul electric înglobat, scade randamentul cît și factorul de putere (cos. φ). Deci, pe de o parte, scade ponderea consumului util, iar, pe de altă parte, crește consumul de putere

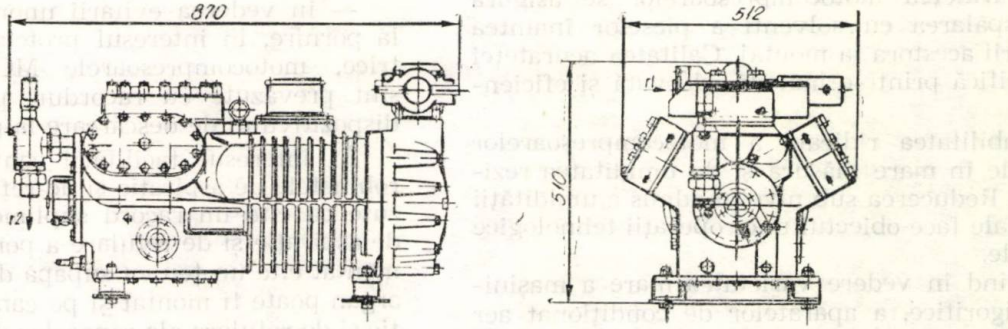


Fig. 6

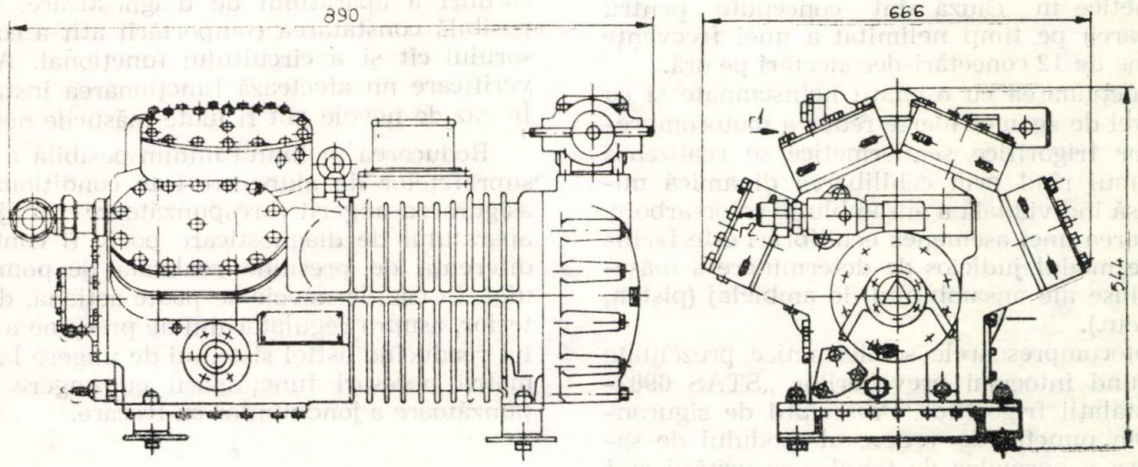


Fig. 7

reactivă din rețeaua de alimentare. Sistemul recomandat asigură urmărirea fidelă a sarcinilor frigorifice cu variații considerabile inevitabile.

Din cele de mai sus, rezultă utilizarea indiscutabilă a folosirii mai multor motocompresoare identice de putere mică, în locul unui singur motocompresor de putere egală cu puterea maximă solicitată de consumator.

Facilitatea acoperirii, cu motocompresoarele frigorifice semiermetice prezentate, a unui domeniu de cilindree orare de 6,3 ...448 mc/h, înseamnă crearea condițiilor pentru asimilarea celor mai diverse instalații frigorifice de condiționat aer și de pompe de căldură de puteri mici și mijlocii, în concepțiile cele mai moderne satisfăcînd astfel cele mai grele pretenții ale beneficiarilor.

Asigurarea fiabilității și performanțelor ridicate

Motocompresoarele semiermetice prezentate, montate în carcasă ermetică accesibilă (demontabilă), în condițiile înglobării lor într-un circuit funcțional conceput și executat corect și ale unei exploatări corecte, se caracterizează printr-o durată de bună funcționare de cel puțin cinci ani, în care nu este necesară încuirea pieselor expuse frecării și nici schimbarea uleiului de ungere. Realizarea unei astfel de performanțe de fiabilitate este posibilă numai în ipoteza ridicării unor pretenții speciale, în privința calității materialelor utilizate, a preciziei dimensionale și de formă a pieselor importante, a rugozității suprafețelor de alunecare și de etanșeitate și a igienei (acurateței) montajului.

În fluxul de fabricație este inclusă încercarea pe fază a subansamblelor și în final a motocompresoarelor asamblate. Dintre aceste verificări, merită să fie evidențiată verificarea etanșeității supapelor de aspirație și de refulare, precum și a coeficientului de debit la un raport de compresie preponderent. Această din urmă verificare se face prin măsurarea presiunii aerului comprimat de motocompresor, în amontele unui ajutaj convergent, calibrat pentru trecerea debitului de aer, care trebuie să fie vehiculat de motocompresor la raportul de compresie menționat. Cele două verificări eviden-

țiate mai sus contribuie la realizarea de către fiecare motocompresor, a performanțelor termodinamice proiectate.

În procesul montajului fiecare motocompresor este supus unei probe de rodaj cu aer urmată de probă de rodaj cu agent frigorific.

Acuratețea motocompresoarelor se asigură prin spălarea cu solvenți a pieselor înaintea predării acestora la montaj. Calitatea acurateței se verifică printr-o metodă adecvată și eficientă.

Fiabilitatea ridicată a motocompresoarelor depinde în mare măsură și de umiditatea reziduală. Reducerea sub nivelul admis a umidității reziduale face obiectul unor operații tehnologice speciale.

Avînd în vedere varietatea mare a mașinilor frigorifice, a aparatelor de condiționat aer și a pompelor de căldură cu funcționare continuă sau intermitentă motocompresoarele semiermetice în cauză sînt concepute pentru suportarea pe timp nelimitat a unei frecvențe maxime de 12 conectări-deconectări pe oră.

Funcționarea cu oscilații neînsemnate și cu un nivel de zgomot foarte redus a motocompresoarelor frigorifice semiermetice se realizează în primul rînd prin echilibarea dinamică minuțioasă individuală a ansamblului rotor-arbore. Realizarea unei asemenea echilibrări este facilitată de modul judicios de determinare a maselor reduse ale ansamblului de ambielaj (piston, bielă, etc.).

Motocompresoarele semiermetice prezentate corespund întocmai prevederilor „STAS 6987-80 Instalații frigorifice. Prescripții de siguranță". Din punctul de vedere al modului de satisfacere a normelor de tehnica securității sînt de remarcat următoarele :

— motocompresoarele frigorifice semiermetice, în fluxul de fabricație pe partea de refulare, respectiv de aspirație se supun unei probe de rezistență de 3,5 MPa, respectiv la 2,5 MPa și unei probe de etanșeitate la 2,5 MPa respectiv la 1,6 MPa ;

— motocompresoarele tip MCS 28 ... MCS-112 sînt prevăzute cu dispozitiv de siguranță pe partea de refulare, între cilindri și robinetul de închidere. Descărcarea dispozitivului este dirijată în partea de joasă presiune a compresorului. ;

— toate motocompresoarele sînt prevăzute cu racorduri pentru legarea presostatului de înaltă și joasă presiune ;

— motocompresoarele echipate cu pompă de ulei sînt prevăzute cu racorduri pentru legarea presostatului diferențial de ulei ;

— motoarele electrice înglobate sînt echipate cu termistori de protecție pentru bobinaj, precum și cu releu de protecție și comandă ;

— în vederea evitării unor șocuri nedorite la pornire, în interesul protecției rețelei electrice, motocompresoarele MCS-28 ... MCS-112 sînt prevăzute cu racorduri pentru montarea dispozitivului de descărcare la pornire.

În interesul facilitării controlului periodic robinetele de aspirație și de refulare sînt prevăzute cu cîte un racord suplimentar, iar partea de aspirație și de refulare a pompei de ulei este montat cîte un teu cu supapă de reținere. Acest organ poate fi montat și pe camerele de aspirație și de refulare ale capacelor de cilindri.

Prin legarea corespunzătoare la aceste racorduri a aparatului de diagnosticare, devine posibilă constatarea comportării atît a compresorului cît și a circuitului funcțional. Această verificare nu afectează funcționarea instalației. În caz de nevoie pot fi luate măsurile necesare.

Reducerea în limita minim posibilă a uzurii suprafețelor de alunecare este condiționată de asigurarea ungerii corespunzătoare. Cu ajutorul aparatului de diagnosticare poate fi controlată diferența de presiune realizată de pompa de ulei. În caz de nevoie se poate acționa, din exterior, asupra regulatorului de presiune a uleiului readucînd astfel sistemul de ungere la parametrii necesari funcționării cu ungere corespunzătoare a joncțiunilor cu frecare.

*
* *

Seria unitară de motocompresoare semiermetice prezentată va avea o perioadă lungă de aplicabilitate datorită calităților enumerate precum și prin faptul că presiunile maxime de funcționare de 2,5 MPa pentru partea de refulare și 1,6 MPa pentru cea de aspirație vin în întîmpinarea tendințelor moderne de realizare de instalații frigorifice cu recuperarea căldurii, instalații mixte frigoterm, pompe de căldură cu temperaturi ridicate de încălzire etc.

Toate aceste noi tipuri de instalații vor aduce un aport considerabil în utilizarea mai economică a energiei consumate în întreaga economie națională.

CZ : 621.56/.59 : 66.047 : 66.093

Aspecte privind proiectarea și testarea primei instalații industriale de liofilizare din România

Ing. Vasile **STANCU**, ing. Eugen **LEMNIAN** — I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca

Introducere

Liofilizarea (criodesicarea) reprezintă în sine un proces de uscare, caracterizat prin deshidratarea pe calea sublimării sub vid a gheții formată în substanța congelată inițial.

Domeniile principale de utilizare a liofilizării sînt industria farmaceutică, biologie și medicină (pentru conservarea produselor biologice de uz uman și veterinar), industria medicamentelor, tehnologia de prelucrare a plasmei și a derivațiilor din plasmă.

Necesitatea de a păstra la temperatura ambiantă proprietățile importante ale diverselor produse, cum sînt seruri, vaccinuri, enzime, microorganisme, culturi de bacterii, antibiotice, proteine, vitamine, hormoni, fermenți, viruși, etc., impune tot mai mult utilizarea liofilizării ca metodă de uscare controlabilă și reproductibilă.

Procesul de liofilizare conferă, pe de o parte, produselor un caracter deosebit, menținînd în cea mai mare parte proprietățile organoleptice, prin conservarea însușirilor naturale, fără modificări apreciabile ale culorii și gustului, iar — pe de altă parte, permite depozitarea produselor la temperatură ambiantă, prin conservarea în stare uscată, în interiorul unor recipiente din sticlă, închise ermetic sub medii inerte.

Într-un proces normal de uscare, transformarea din faza lichidă în faza de vapori se realizează printr-un proces de fierbere (vaporizare) ; în schimb, liofilizarea presupune mai întîi transformarea din starea lichidă în starea solidă a soluției, printr-un proces de congelare, urmată apoi de transformarea solid-vapori, printr-un proces de sublimare. Aceste procese de transformare sînt reprezentate în figura 1.

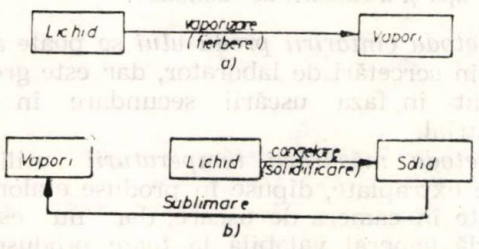


Fig. 1 Transformări de stare în :
a) procesul normal de uscare ;
b) procesul de liofilizare.

În funcție de temperatură, la presiunea atmosferică, apa poate fi întîlnită sub formă de vapori, lichid sau gheață. Punctul la care există toate cele trei stări de agregate ale apei — vapori, lichid și solid — este denumit punct triplu și corespunde temperaturii de 0°C și presiunii de 6,152 mbar.

În procesul de sublimare a gheții dintr-un amestec, digrama de faze se modifică, punctul triplu fiind definit prin valori mai scăzute ale temperaturii și presiunii, decît cele corespunzătoare apei.

În afara unor operații preliminare, precum alegerea proceselor și tratamentului preliminar, prin care se urmărește desfășurarea normală a procesului sau ameliorarea calității produsului finit, procesul de liofilizare include următoarele faze : congelarea, uscarea și tratamentul final.

Congelarea

Faza de congelare reprezintă un proces important în tehnologia liofilizării, deoarece alegerea vitezei de congelare, în funcție de caracteristicile soluției, asigură calitatea produsului uscat.

Pentru numeroasele produse care pot fi astăzi uscate prin liofilizare, nu există nici o regulă generală, care să impună congelarea lentă sau rapidă.

Structura cristalină și culoarea produsului sînt influențate de procesul de congelare. Un produs congelat, cu cristale mici de gheață, are o culoare mult mai deschisă atunci cînd este uscat, decît un produs care a fost congelat, în cristale mari. Structura cristalelor are o mare influență asupra sublimării ulterioare. Cristalele mari lasă o rețea relativ deschisă pentru sublimare, în timp ce cristalele foarte mici de gheață, produse prin congelare bruscă, lasă interstiții mici care împiedică transferul de vapori. Dacă produsul este răcit prea repede, poate să apară suprarăcirea, provocînd formarea de cristale neregulate și face imposibilă uscarea uniformă.

Alegerea vitezei optime de congelare este o problemă destul de controversată și de aceea se determină pe cale experimentală, funcție de natura produsului, de utilizarea finală și de durata de păstrarea avută în vedere.

În general, o temperatură finală de —50°C este suficientă pentru a satisface cerințele de congelare totală. Totuși, pentru economie de energie, precum și pentru controlul ulterior al procesului de sublimare, este foarte important să se cunoască atît metoda de congelare — lentă sau rapidă —, cît și temperatura punctului de congelare completă a produsului, temperatură care trebuie să fie sub nivelul punctului eutectic, dar în imediata lui apropiere.

Instalația industrială de liofilizare utilizează congelarea prin contact direct cu o suprafață răcită în prealabil. Această metodă statică de congelare utilizează o cameră izolată termic și prevăzută cu plăci (rafturi) prin care circulă agentul de răcire, distanța dintre plăci fiind reglabilă. Dispozitivul frigorific care servește camera de liofilizare este capabil să regleze viteza de congelare între 1 . . . 4°C/min. Produsele se depun în amabalaje specifice—fiole, flacoane — între plăci, după ce incinta a fost termostatată în prealabil la 0°C, iar apoi începe procesul de congelare lentă sau rapidă, în funcție de caracteristicile produsului.

Uscarea

Uscarea este faza tehnologică principală a procesului de liofilizare și constă din plasarea produsului congelat într-un spațiu etanș, astfel încît printr-un aport de căldură controlat, la presiune suficient de scăzută, să se poată asigura o viteză maximă de eliminare a vaporilor de apă.

Uscarea în instalația industrială de liofilizare se realizează prin menținerea produsului în în aceeași incintă, în care a avut loc congelarea.

După măsură ce procesul continuă, suprafața de sublimare se retrage în produs, iar vaporii de apă sînt conduși prin straturile exterioare uscate anterior. Din această cauză, nu este nevoie de căldură de sublimare la suprafața produsului, ci la stratul limită migrator din produs, unde are loc transformarea din fază solidă în faza de vapori.

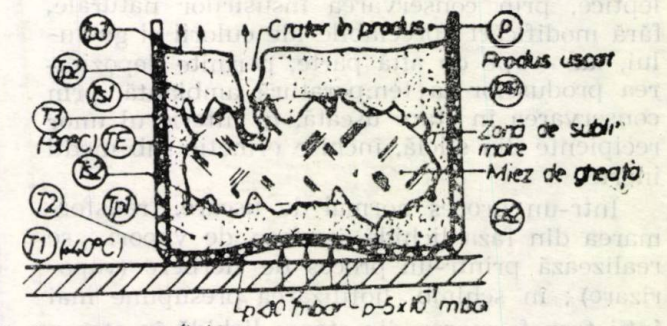
Pentru un produs congelat într-un flacon, în figura 2 sînt redate : zona de sublimare, transferul vaporilor de apă și al căldurii de sublimare.

Procesul de uscare cuprinde două faze : faza de uscare primară (sublimarea) și faza de uscare secundară (desorbția).

Faza de uscare primară (sublimarea) durează atît timp cît mai există încă o zonă congelată în produs și permite eliminarea, prin sublimare, a celei mai importante părți din apa conținută în produs — apa liberă și apa de constituție. În decursul acestei faze, este necesar să se transfere în produs o cantitate optimă de căldură la presiunea admisibilă cea mai mare. O cantitate de căldură excedentară creează riscul unei topiri parțiale sau totale a cristalelor de gheață, urmată de eventualitatea unei fierberi în vid a părții decongelate și deprecierea calității produsului, prin apariția fenomenului de spumare (puffing). O scădere a presiunii de lucru sub valoarea optimă are ca efect reducerea inutilă a transferului de căldură. Experimental s-a stabilit ca valoarea optimă a presiunii de lucru să corespundă unei treimi din presiunea parțială a vaporilor de apă la suprafața produsului congelat.

Faza de uscare secundară (desorbția) are rolul de a reduce umiditatea reziduală pînă la o valoare maximă admisibilă, căci după uscarea primară produsul mai conține încă aproximativ 10÷30% apă, denumită apă de absorbție, care este legată de particulele solide ce compun produsul. Pentru a elimina apa legată, este necesar să se învingă forțele capilare ale apei și de aceea instalația trebuie să realizeze un gradient mare de presiune, căci în majoritatea cazurilor nu este posibilă creșterea temperaturii fără afectarea produsului. Prin coborîrea temperaturii, în capcana de vapori (sub —70°C), se produc raporturi de presiune care permit uscarea secundară, pînă la un conținut mic de umiditate reziduală.

Pentru a determina punctul final al produsului de uscare, se pot utiliza următoarele metode : metoda cîntăririi produsului, metoda măsurării temperaturii și metoda barometrică.



T Temperatura raftului
TE Temperatura miezului de gheață
TP Temperatura produsului uscat
TS Temperatura zonei de sublimare
p Presiune
ps Presiune în zona de sublimare

Fig. 2 Zone de sublimare, transferul vaporilor de apă și a căldurii de sublimare.

Metoda cîntăririi produsului se poate aplica doar în cercetări de laborator, dar este greu de utilizat în faza uscării secundare în scop industrial.

Metoda măsurării temperaturii utilizează sonde extraplate, dipuse în produse etalon dispersate în camera de uscare, dar nu este o metodă general valabilă la toate produsele și introduce erori de măsurare, care cresc cu micșorarea dimensiunilor sondelor.

Caracteristicile tehnice de bază ale instalației sînt :

— tipul instalației IIL—5,25
— suprafața maximă pentru sublimare 5,25 m^2 ;
— suprafața utilă pe raft/nr. de rafturi 0,75 m^2/7 buc. ;
— cantitatea de flacoane cu ⌀23 mm 13500 buc. ;
— încărcătura maximă de gheață obținută la t_{min} = — 70°C 140 kg ;
— agent frigorific/agent intermediar R 502/triclor-etilenă ;
— domeniul de termoreglare a temperaturilor în rafturi (—55 ... +80) ±5°C ;
— vidul maxim obținut 10^{-3} mbar ;
— puterea electrică instalată 104 kVA ;
— debitul total al apei de răcire 40,1 m^3/h ;
— masa netă totală 12,8 t.

Instalația de liofilizare include următoarele părți principale : instalația de încălzire-răcire cu cameră de liofilizare, instalația de desublimare, sistemul de vidare, instalația hidraulică de acționare a rafturilor, instalația de presurizare, instalația apei de răcire, instalația de aer comprimat și instalația de automatizare.

Camera de liofilizare este o construcție rectangulară din oțel inoxidabil, izolată termic și prevăzută cu rafturi mobile, asamblate prin eclise articulate și acționate de instalația hidraulică, avînd o ușă mobilă de acces pentru încărcarea/descărcarea produselor.

Camera de liofilizare este racordată la instalația de încălzire-răcire a rafturilor cu agent intermediar. Această instalație include vaporizatoare frigorifice pentru răcire, încălzitoare electrice de tricloretilenă, vas de expansiune, separatoare de picături, pompe de recirculare agent intermediar, armături, elemente de automatizare și protecție, conducte de legătură.

Termoreglarea rafturilor, în domeniul de temperatură dorit, este asigurată automat, printr-o combinație de robinete de închidere cu diametre diferite, care permit dozarea proporțională a agentului intermediar răcit sau încălzit în conducta de aspirație la pompe, astfel încît temperatura în cameră să se încadreze în toleranțele de ±5°C, iar diferența de temperatură între intrarea și ieșirea agentului intermediar din rafturi să fie numai de ±1,5°C.

Metoda barometrică este cea mai sigură, erorile fiind excluse și nu rămîn miezuri de gheață în produs, dacă aparatul este etanș la vid. Această metodă are la bază efectul de pompare al capcanei de vapori, care permite presiunii din instalație, în timpul procesului de desorbție, să fie sub presiunea de saturație a vaporilor de apă, corespunzătoare temperaturii de sublimare. Din această cauză, în timpul efectuării măsurărilor, se închide clapeta de comunicare cu capcana de vapori, iar presiunea din camera de lucru va crește pînă la presiunea de saturație. Dacă uscarea este terminată, presiunea în camera de lucru va rămîne constantă.

Tratamentul final

Produsul uscat prin procesul de liofilizare are o structură poroasă și este foarte higroscopic. Dacă nu se iau măsuri speciale, la primul contact cu aerul, se produce o îmbibație rapidă a porilor cu oxigen și vapori de apă din aer, care anulează practic tot efectul de uscare din faza de desorbție. Din acest motiv, produsele liofilizate se conservă în ambalaje conținînd atmosferă de gaz inert (azot sau argon), ori se utilizează ambalaje vidate.

Instalația de liofilizare asimilată de I.C.P.I.A.F.

Plecînd de la considerentele proceselor fizice descrise anterior și de la experiența dobîndită de I.C.P.I.A.F. în realizarea unor instalații frigorifice la temperaturi scăzute (—80°C), s-a trecut la asimilarea în țară a unei instalații de liofilizare pentru I.C.V.B. Pasteur București.

În afară de I.C.P.I.A.F. și Intreprinderea „Tehnofrig", la această asimilare au participat și alți colaboratori din țară, cum sînt :

— I.F.I.N. și F.A.N. București, pentru sistemul de vidare ;

— I.P.A. București și I.P.T.E. Alexandria pentru automatizare ;

— I.C.S.I.T.M.F.S.—S.H.P. pentru instalația hidraulică ;

— C.C.I.T.P.V. și Intreprinderea de Pompe, „Aversa" București pentru pompele de recirculare agent intermediar.

Schema instalației de încălzie-răcire agent intermediar este redată în figura 3.

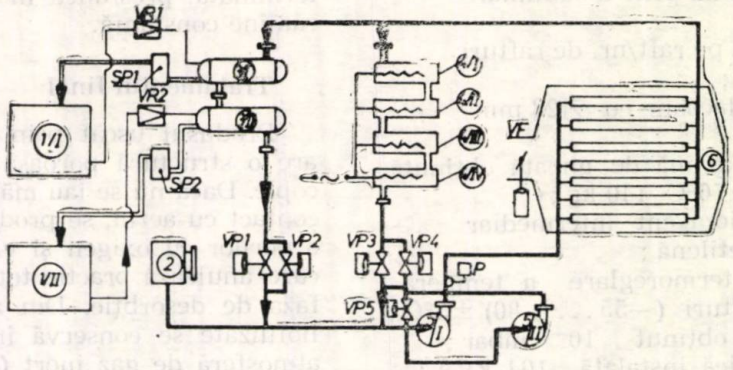
Capcana de vapori este utilizată pentru uscarea aerului, extras prin sistemul de vidare din camera de liofilizare, datorită condensării rapide a vaporilor de apă pe plăci cu serpentine interioare răcite la —70°C.

Capcana este un recipient cilindric, izolat termic la exterior cu un capac demontabil ; este prevăzută la interior cu serpentine de răcire directă prin vaporizarea agentului frigorific și cu sistemul de pulverizare prin duze a apei în vederea decongelării.

Pentru uscarea spațiului interior, după decongelarea cu apă, capcana este racordată cu o conductă la un ventilator care introduce aer steril printr-un încălzitor electric.

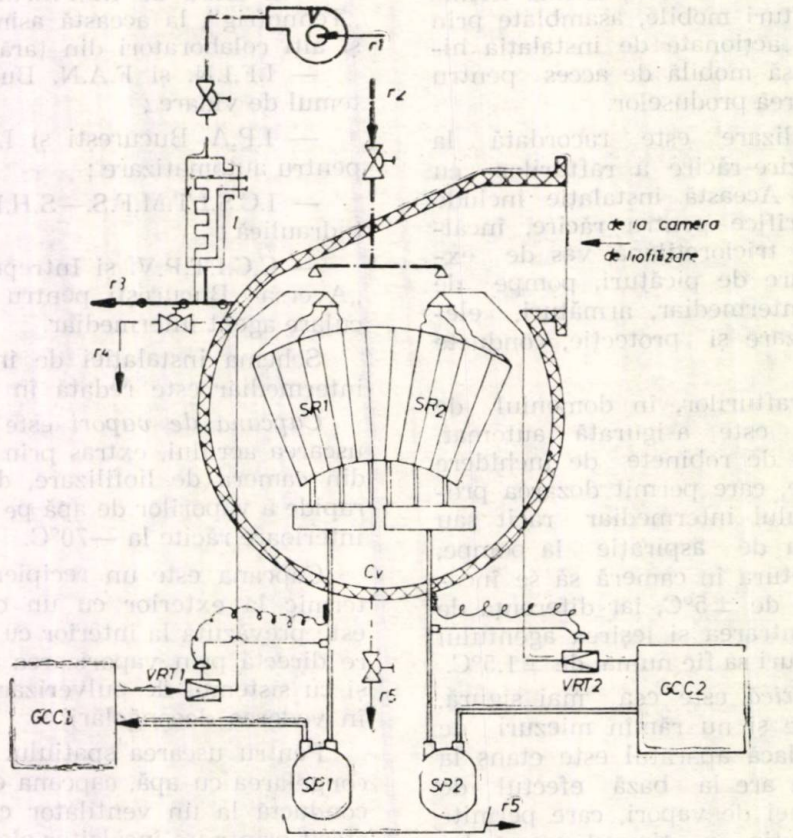
Urmărirea desfășurării proceselor din camera de liofilizare și capcana de vapori este posibilă prin vizoare rotunde din sticlă, iluminate electric din exterior.

Capcana de vapori este racordată, pe de o parte, la camera de liofilizare, iar pe de altă parte, la sistemul de vidare, prin robinete de închidere acționate automat cu comenzi electropneumatice. Schema instalației de desublimare este redată în figura 4.



I/I; I/II Grupuri compresor-condensator pentru R 502
2-Vas de expansiune pentru agent intermediar
3/I;3/II Vaporizator pentru răcirea agentului intermediar
4/I;4/IV Încălzitoare electrice pentru agent intermediar
5/I;5/II Pompe centrifuge pentru agent intermediar
6-Camera de liofilizare
VR1, VR2 Ventil termostatic de expansiune pentru R502
SP1, SP2 Separator de picături pentru R502
VP1 ... VP5 Robinet de închidere cu sferă acționate electropneumatic
P-Presostat pentru refulare pompă
VF-Vană fluture cu acționare electropneumatică
Agent frig R502 - vapori
Agent frig R502 - lichid
Agent intermediar

Fig. 3 Schema instalației de încălzire răcire agent intermediar.



GCC1, GCC2 - Grupuri compresor-condensator; SP1, SP2 - Separatoare de picături; VRT1, VRT2 - Ventile de reglaj termostatic; Cv - Capcana de vapori; I - Încălzitor electric; V - Ventilator; SR1, SR2 - Serpentine de răcire; r1 - Intrare aer steril; r2 - Alimentare cu apă; r3 - Racord către sistemul de vidare; r4 - Preaplin apă; r5 - Golire apă

Fig. 4 Schema instalației de desublimare.

Instalația frigorifică este alcătuită din patru grupuri compresor-condensator în două trepte de comprimare, cu răcitor intermediar, cîte două grupuri pe camera de liofilizare și celelalte două pe capcana de vapori. Fiecare grup este racordat independent, prin separator de picături, pe aspirație și ventil de reglaj termostatic pe alimentare cu lichid la vaporizatorul pentru răcirea agentului intermediar sau la vaporizatorul pentru răcirea agentului intermediar sau la serpentina de răcire din capcană.

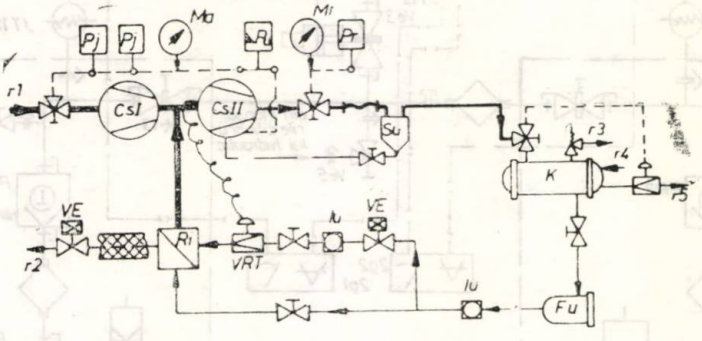
Schema de principiu a grupului compresor-condensator, cu spriț de lichid pe treapta de presiune intermediară, este redată în figura 5.

Instalația de presurizare este formată din circuitul gazelor inerte — azot, argon — și din circuitul aerului steril. Circuitul gazelor inerte asigură, în mod automat :

— calibrarea fină cu argon în camera de liofilizare pentru menținerea constantă a vidului ;

— introducerea argonului în containere pentru separarea sterilă și păstrarea lui în mediu inert ;

— menținerea constantă a presiunii agentului intermediar în vasul de expansiune, prin închiderea sau deschiderea alternativă a două ventile electromagnetice comandate de presos-



CsI, CsII - Compresor frigorific semiermetic treapta I-a, treapta II-a, Su-Separator de ulei, K- Condensator, Fu-Filtru uscător, Ri - Răcitor intermediar, Pj - Presostat de joasă presiune, Pr - Presostat de refulare, Δ Pu - Presostat diferențial de ulei, Ma-Manovacuumetru de aspirație, Mr -Manovacuumetru de refulare, VP4-Ventil presostatic pentru apă, Iu - Indicator de umiditate, VE - Ventil electromagnetic, VRT - -Ventil de reglaj termostatic, r1-Aspirație compresor, r2-Ieșire lichid frigorific, r3-Evacuare supapă de siguranță, r4- Intrare apă de răcire, Ieșire apă de răcire

Fig. 5 Schema grupului compresor condensator în două trepte de comprimare cu răcitor intermediar.

Sistemul de vidare se compune din două grupuri de vidare, din care unul de rezervă, fiecare grup fiind format dintr-o pompă de vid preliminar și o pompă de tip Roots pentru vidul final. În acest sistem sînt incluse un grup de preparare aer comprimat pentru comenzile pneumatice din întreaga instalație de liofilizare și un circuit de distribuție a apei de răcire pentru pompele de vid preliminar.

Schema de principiu a sistemului de vidare este redată în figura 6.

Instalația hidraulică de acționare a rafturilor este compusă dintr-un agregat hidraulic compact, două drosele cu supapă de sens tip traseu și un cilindru hidraulic cu etanșare suplimentară la vid. Agregatul hidraulic include electropompa cu roți dințate, un rezervor de ulei, cu filtru pe retur ulei și filtru de umplere și aerisire, supapă de presiune pilotată, robinet cu manometru, releu de presiune, distribuitor, supapă de reglare și supapă de sens dublă, deblocabilă.

Schema de principiu a instalației hidraulice este prezentată în figura 7.

tate, care introduc sau evacuează azot în vasul de expansiune.

Circuitul aerului steril asigură presurizarea capcanei de vapori sau a camerei de liofilizare, în vederea desfășurării unor procese tehnologice — desublimarea, descărcarea produselor uscate — după operația de vidare.

Schema instalației de presurizare este redată în figura 8.

Instalația apei de răcire asigură răcirea condensatoarelor frigorifice, a pompelor de vid și alimentarea cu apă în vederea decongelării capcanei de vapori.

Instalația de aer comprimat cuprinde grupul de preparare aer din rețeaua uzinală și distribuția la toate comenzile pneumatice : robineți cu sferă din circuitul agentului intermediar, robineți cu sertar din sistemul de vidare, distribuitorul din circuitul hidraulic, clapeta dintre camera de liofilizare și capcana de vapori.

Instalația de automatizare, prin cele două dulapuri de comandă, include alimentarea și distribuția forței, întrerupătorul general schema de comandă și interblocări, butoane de comandă, schema sinoptică și lămpile de sem-

nalizare, aparatura de măsură, reglare și control pentru parametrii tehnologici, iar, prin două cutii de comandă, asigură independent comenzile locale pentru acționarea hidraulică a rafturilor în două direcții diferite.

încărcarea cu produse, congelarea, uscarea primară, uscarea secundară, presurizarea și descărcarea produselor.

Parametrii măsurați în timpul unui proces tehnologic desfășurat pe modelul de referință

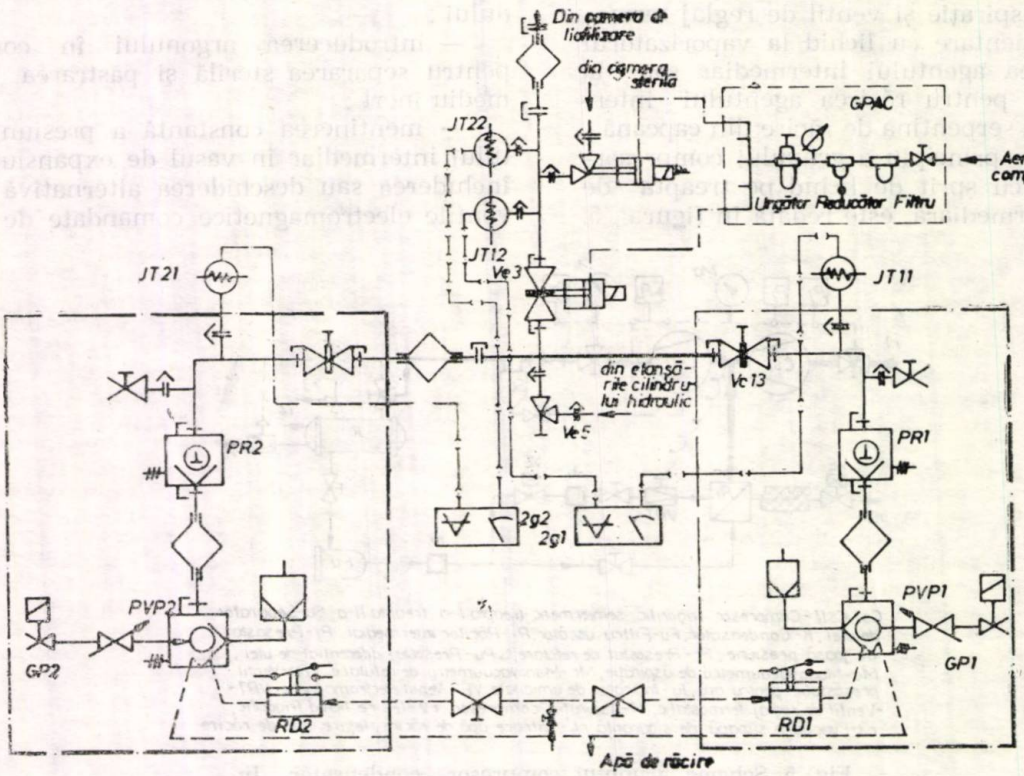


Fig. 6 Schema sistemului de vidare.

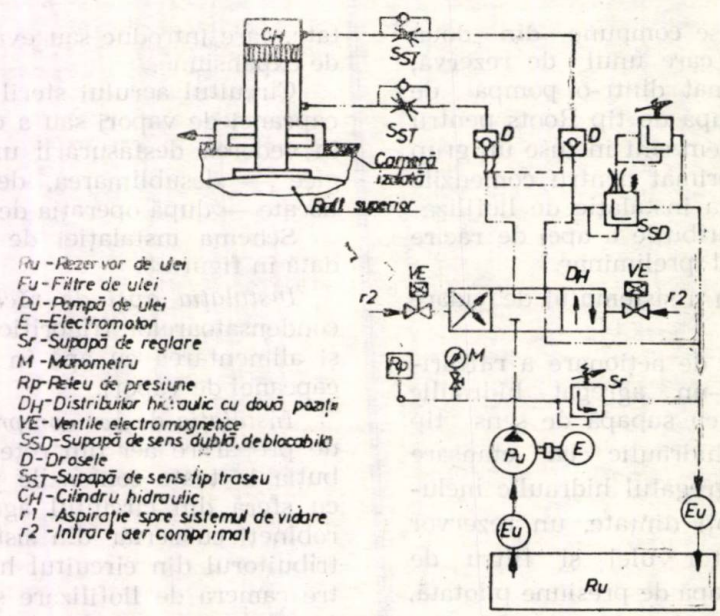
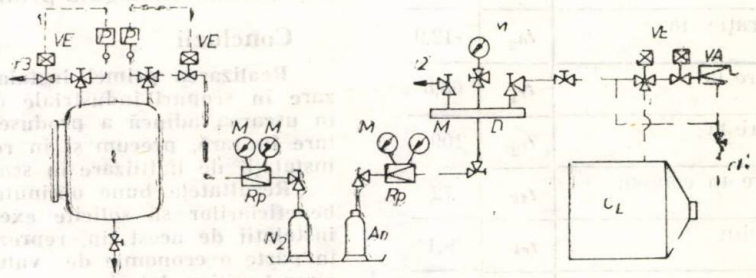


Fig. 7 Schema instalației hidraulice.

Funcționarea instalației, în ideea liofilizării unui produs biologic de uz veterinar de exigență medie, cuprinde: pregătirea instalației, sînt indicați în tabelul 1 pentru instalația frigorifică și în tabelul 2 pentru produsele uscate, iar diagrama de lucru este redată în figura 9.

Se precizează că regimul de lucru al compresoarelor este alunecător, fiind impus de succesiunea operațiilor tehnologice, căci în prima fază temperaturile de vaporizare și ce reprezintă reducerea efortului valutar (prin eliminarea importurilor de completare) cu circa 50% din valoarea prevăzută inițial. Dintre aceste colaborări amintim : manovacuu-



V - Vas de expansiune P - Presostate VE - Ventile electromagnetice, M - Manometre
Rp - Reductoare de presiune, N_2, Ar - Butelii de azot sau argon, D - Distribuitor
Va - Ventil de reglaj cu ac, C_L - Cameră de liofilizare r1 - Intrare aer steril, r2 - Evacuare
argon r3 - Evacuare azot

Fig. 8 Schema instalației de presurizare.

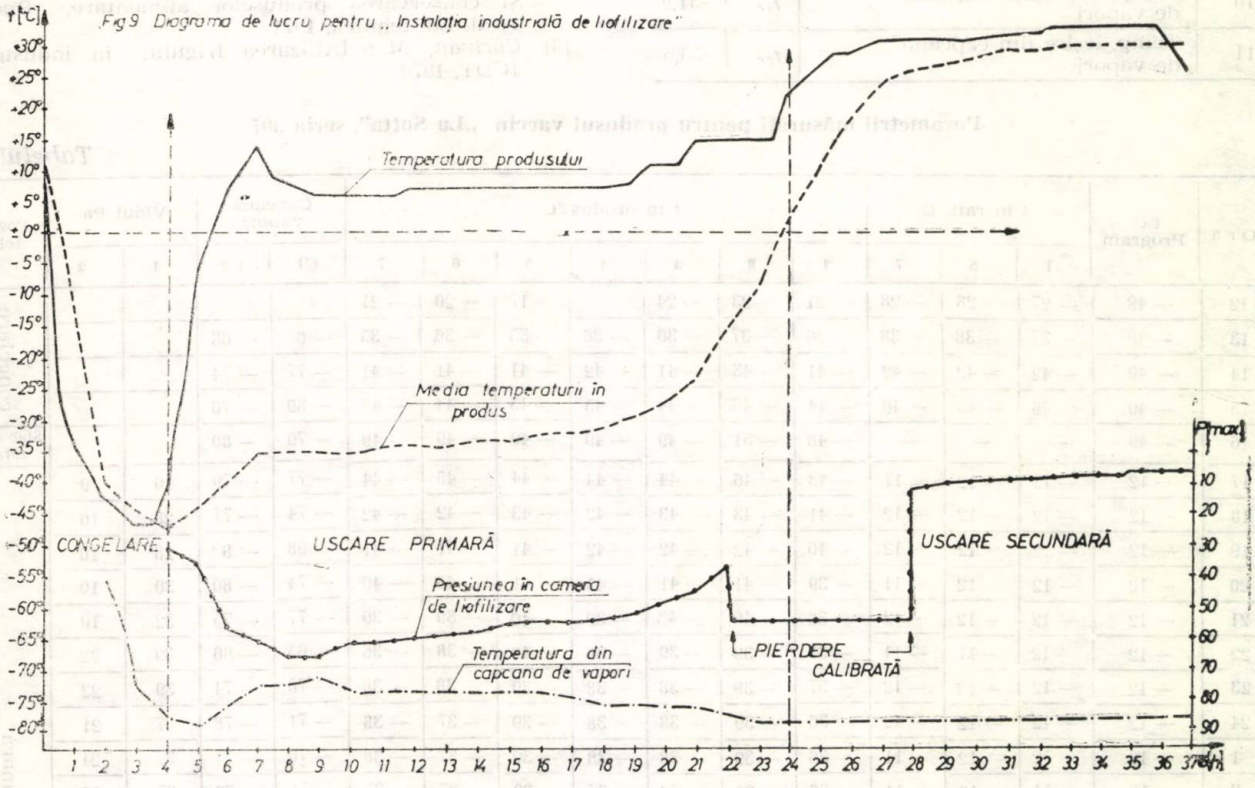


Fig. 9 Diagrama de lucru pentru instalația industrială de liofilizare.

condensare sînt ridicate, iar în ultima parte a procesului sînt scăzute ; funcționarea compresoarelor și a pompelor este intermitentă circa 9 porniri—opriri pe oră — și astfel în cameră se obține o valoare optimă a presiunii și temperaturii.

Asimilarea acestei instalații industriale de liofilizare de către I.C.P.I.A.F. a presupus o colaborare vastă cu diferiți furnizori potențiali dn țară, pentru asigurarea unor elemente metre pentru R 502 de la I.A.M.C. Vaslui, termorezistențe de la I.T.R.D. Pașcani, robinete de închidere cu sferă pe teflon și acționare pneumatică de la I.U.C. Făgăraș, programator de temperatură pe camă de la I.P.A. București, vacuumetru electronic cu detector de la I.F.I.N. București, conductori electrici flexibili izolați de la I.C.M.E. București, numărătoare electronice de impulsuri de la I.M.F. București, garnituri siliconice și din viton de

Parametrii măsurați în circuitul frigorific

Tabelul 1

Nr. crt.	Parametri	Simb.	Valoare [°C]
1	Temp. de aspratie la treapta I-a	t_{a_1}	-19,2
2	Temp. de aspirație la treapta II-a	t_{a_2}	-12,9
3	Temp. de refulare la treapta I-a	t_{r_1}	63,8
4	Temp. de refulare la treapta II-a	t_{r_2}	109
5	Temp. de intrare în condensator	t_{ik}	72
6	Temp. de ieșire din condensator	t_{ek}	19,1
7	Temp. de subrăcire	t_{sr}	-17,2
8	Temp. intrare agent intermediar	t_{iag}	-43,7
9	Temp. ieșire agent intermediar	t_{eag}	-54,7
10	Temp. intrare în capcana de vapori	t_{ic}	-51,2
11	Temp. ieșire din capcana de vapori	t_{ec}	-55,5

la F.A.R.T.E.C. Brașov, unsori siliconice de la Intreprinderea „Petre Poni" Iași, ventile presostatice pentru reglarea debitului de apă de la I.C.S.I.T.M.F.S. București.

Instalația industrială de lofilizare este în probe de anduranță la I.C.V.B. Pasteur București, fiind omologată preliminar.

Concluzii

Realizarea primei instalații românești de liofilizare în scopuri industriale deschide noi perspective în uscarea adîncă a produselor biologice și alimentare în țară, precum și în realizarea unor tipuri de instalații de liofilizare în scopuri de laborator.

Rezultatele bune obținute în funcționare permit beneficiarilor să solicite execuția și livrarea altor instalații de acest tip, reprezentînd fiecare instalație în parte o economie de valută pe devize libere de circa 1 milion dolari.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Guțulescu, I.:* Procese tehnologice moderne în industria conservelor de legume, fructe, carne și pește, București, INIDST, 1973.

[2] *Ciobanu, A. ș.a.:* Frigul artificial în fabricarea și conservarea produselor alimentare, București, Ed. tehnică, 1971.

[3] *Corivan, M.:* Utilizarea frigului în industrie, ICDT, 1970.

Parametrii măsurați pentru produsul vaccin „La Sotta", seria 307

Tabelul 2

Ora	t°C Program	t în raft °C			t în produs °C							Capcană vapori		Vidul Pa		Faza teh.
		1	5	7	1	2	3	4	5	6	7	C1	C2	1	2	
12	— 49	— 27	— 28	— 28	— 21	— 23	— 24		— 17	— 20	— 21					congelare
13	— 49	— 37	— 38	— 38	— 36	— 37	— 36	— 36	— 35	— 36	— 35	— 67	— 68			
14	— 49	— 42	— 42	— 42	— 41	— 43	— 41	— 42	— 41	— 41	— 41	— 77	— 74			
15	— 49	— 46	— 45	— 46	— 44	— 46	— 44	— 45	— 45	— 44	— 45	— 80	— 76			
16	— 49	—	—	—	— 48	— 51	— 49	— 49	— 49	— 49	— 49	— 79	— 80			Stabilizare
17	— 12	— 12	— 12	— 11	— 43	— 46	— 44	— 44	— 44	— 45	— 44	— 77	— 79	16	9	
18	— 12	— 12	— 12	— 12	— 41	— 43	— 43	— 42	— 43	— 42	— 42	— 74	— 77	28	10	
19	— 12	— 12	— 12	— 12	— 40	— 42	— 42	— 42	— 41	— 41	— 41	— 68	— 80	28	10	
20	— 12	— 12	— 12	— 11	— 39	— 41	— 41	— 41	— 41	— 40	— 40	— 74	— 80	30	10	
21	— 12	— 12	— 12	— 12	— 38	— 40	— 40	— 39	— 40	— 39	— 39	— 77	— 75	32	10	
22	— 12	— 12	— 11	— 11	— 37	— 39	— 39	— 38	— 40	— 38	— 38	— 65	— 66	39	22	
23	— 12	— 12	— 12	— 12	— 37	— 39	— 38	— 38	— 39	— 38	— 38	— 70	— 74	39	22	
24	— 12	— 12	— 12	— 12	— 36	— 39	— 38	— 38	— 39	— 37	— 38	— 71	— 78	37	21	
1	— 12	— 12	— 12	— 11	— 36	— 39	— 38	— 38	— 39	— 37	— 38	— 70	— 71	37	21	
2	— 12	— 11	— 12	— 11	— 36	— 38	— 38	— 37	— 39	— 37	— 37	— 71	— 73	37	21	
3	— 12	— 11	— 11	— 11	— 35	— 38	— 37	— 37	— 38	— 37	— 37	— 71	— 74	37	21	
4	— 12	— 12	— 11	— 11	— 34	— 38	— 37	— 36	— 37	— 36	— 36	— 74	— 75	39	25	
5	— 12	— 11	— 11	— 11	— 33	— 37	— 36	— 36	— 37	— 36	— 35	— 77	— 76	39	20	
6	— 12	— 11	— 11	— 11	— 33	— 37	— 36	— 35	— 37	— 35	— 35	— 67	— 71	39	20	
7	— 12	— 12	— 11	— 11	— 32	— 37	— 35	— 36	— 36	— 35	— 34	— 74	— 80	38	26	
8	— 12	— 12	— 12	— 11	— 29	— 36	— 35	— 34	— 36	— 34	— 33	— 77	— 78	43	28	
9	— 12	— 11	— 11	— 11	— 28	— 36	— 34	— 33	— 35	— 33	— 32	— 78	— 79	45	30	
10	— 12	— 11	— 12	— 11	— 24	— 35	— 34	— 31	— 34	— 32	— 31	— 75	— 63	45	30	
11	— 12	— 11	— 11	— 11	— 23	— 35	— 32	— 27	— 34	— 31	— 28	— 74	— 76	48	32	
12	— 12	— 12	— 12	— 11	— 22	— 34	— 16	— 24	— 33	— 30	— 22	— 78	— 478	45	30	uscare primară

Parametrii corespund cu buletinul de măsurări I.C.P.I.A.F. nr. 66/29.VI.82.

[4] *Verkin, B.I. ș.a.:* Termofizica răcirii de sublimare la temperaturi joase (în lb. rusă) Kiev, Naucova Dumca, 1980.

[5] x x x: Die Lebensmittel Industrie nr. 6/1969, nr. 12/1969.

[6] *Plank, R.:* Handbuch der Kältetechnik, vol. 10, Berlin, Verlag 1960.

[7] x x x: Revue de la conserve nr. 1/1963, p. 117—120, p. 123.

[8] x x x: Die Kältetechnik nr. 11/1964 p. 349—359.

[9] x x x: Die Kälte nr 4/1969 p. 220, nr. 5/1969, p. 274.

[10] x x x: Revue General du Froid nr. 5/1967, p. 599, nr. 5/1968 p. 605.

CZ : 621.56/.59 : 621.51 : 621.313

Aspecte privind proiectarea motoarelor electrice asincrone înglobate utilizate la acționarea motocompresoarelor frigorifice semiermetice

Ing. Mihai **DRUMEN** — I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca

Introducere

Acționarea motocompresoarelor frigorifice semiermetice a fost soluționată prin utilizarea motoarelor asincrone trifazate, cu colivie, în formă constructivă înglobată, încadrîndu-se astfel într-un ansamblu solidar electromecanic, împreună cu compresorul pe care-l antrenează.

Motorul electric este reprezentat prin subansamblele ce se materializează prin seturi de pachet stator bobinat și pachet rotor cu colivie și care trebuie să corespundă unor condiții deosebite de solicitare termică, mecanică și chimică, în contextul funcțional al motocompresorului semiermetic pe care îl acționează. Ca părți integrante ale acestor motocompresoare, motoarele electrice trebuie să corespundă unei bune funcționări atît pe instalații fixe cît și pe cele mobile. Motocompresoarele semiermetice trebuie să satisfacă serviciile de funcționare la indici funcționali ridicați în exploatarea pe vehicule și la bordul navelor.

Condițiile generale pentru aceste motoare electrice sînt cele prescrise de STAS 1893—78 „Mașini electrice rotative — Condiții tehnice generale de calitate", respectiv normele naționale și internaționale în vigoare.

Condițiile de alegere și proiectare a motorului electric

Forma constructivă. Motoarele electrice se realizează în seturi de „subansamblu stator bobinat" și „subansamblu rotor cu colivie" (fără arbore), de tipul constructiv înglobat, ceea ce corespunde simbolizării IM 5010, conform STAS 3998/2-74. Statorul se montează prin presare în carcasa motocompresorului, iar rotorul pe arborele comun al compresorului și motorului electric.

Tip de protecție. Motorul electric înglobat se realizează în protecția IP 00 conform STAS 625-71. În ansamblul motocompresorului semiermetic se asigură electric, prin condițiile de montaj, gradul de protecție IP 68, conform STAS 5325-79.

Șirul de puteri. Șirul de puteri (în kW) ales pentru motarele electrice de acționare a compresoarelor semiermetice corespunde următoarelor valori normalizate : 0,75; 1,1; 1,5; 2,2; 5,5; 11; 15; 22; 26; 30; 40; 55; 75; 90 kW.

Șirul de puteri ales se înscrie în valorile standardizate prin STAS 881-71 și corespunde recomandărilor internaționale IEC, respectiv normelor uzuale străine (DIN, CENEL) care fac obiectul condițiilor tehnice obișnuite pentru produsele oferite la export.

Condițiile de mediu. În exteriorul carterului motocompresorului pentru motorul electric, sînt cele de funcționare la o altitudine de pînă la 1000 m deasupra nivelului mării și temperatura mediului ambiant de +32°C conform STAS 11269-78, grupa de temperaturi III — regimul de temperaturi C.

Motorul electric se află permanent într-un mediu format dintr-un amestec gazos de particule de ulei pentru ungere și răcire, agent frigorific și reziduuri de apă care nu a putut fi eliminată prin uscare, așa după cum se poate observa și în schema de montaj a motorului în compresor, indicată în figura 1. Acest amestec are volumul masic diferit și dependent de regimul frigorific în care lucrează motocompresorul în instalația respectivă. Rezultă că materialul dielectric care participă la realizarea motoarelor electrice trebuie să se caracterizeze printr-o mare stabilitate în conservarea proprietăților în timp, în condițiile speciale de

funcționare din interiorul motocompresorului. Motocompresorul utilizează în funcționare unul din următorii agenți frigorific :

— freon R 12 — difluordiclormetan CF_2Cl_2

— freon R 22 — difluermonoclormetan CHF_2Cl ;

— freon R 502 — amestec azeotrop compus din 48,8% freon R 22 și 51,2% freon R 115 (pentaformonocloretan C_2F_5Cl).

Pentru ungerea organelor aflate în mișcare din interiorul motocompresorului se utilizează ulei frogorific special de tipul F 30 A, obținut din fracții de ulei provenite din țițeiuri naftenice, solventare cu furfurol, rafinate acid și cantactate, aditivate cu degresant pentru ameliorarea indicelui de vîscozitate, conform CS 141—83 a M.I.Ch., Rafinăria Ploiești.

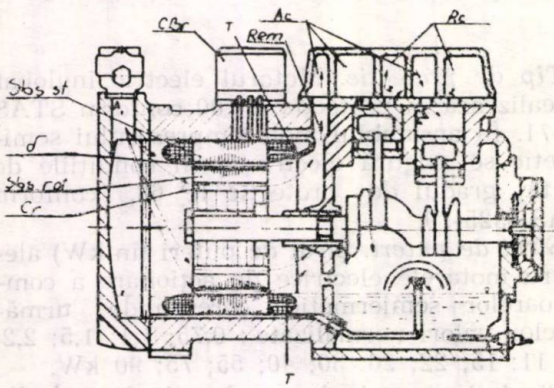


Fig. 1 Reprezentarea schematică a motocompresoarelor frigorifice semiermetice MCS acționate de motoare electrice MCSE.

A — aspirație în motocompresor ; C_{Br} — cutie de borne ; C_r — canale rotorice ; R_c — refulare din compresor ; T — termistori ; R_{em} — refulare electromotor ; $S_{bs \cdot rot}$ — subansamblu rotorelectromotor ; $S_{bs \cdot st}$ — subansamblu statorelectromotor ; δ — întrefierul electromotorului ; → — circulația agentului.

Cifra maximă de aciditate admisă în interiorul motocompresorului este de 0,05 mm KOH/ulei și se determină pe probe de ulei rezultate din incinta carterului motocompresorului.

Regimul de lucru. Motorul electric de acționare este solicitat ciclic, regim caracterizat printr-o mare neuniformitate a sarcinii pe arbore, cauzată de necesitatea realizării alternative a timpilor de aspirație, compresie și refulare. specifice regimului de funcționare a compresoarelor cu piston. Efectuîndu-se o analiză a proceselor ce se produc la solicitarea ciclică în motorul electric, rezultă următoarele.

În cazul sarcinii omogene, respectiv a unui moment constant la arbore, perioada de variație a curentului se exprimă prin următoarea relație :

$$T = \frac{1}{f} \tag{1}$$

unde :

T — perioada de variație a curentului ;
f — frecvența rețelei de alimentare,

La acționările cu solicitări ciclice, perioada de variație a momentului la arbore corespunde la :

$$T_M = \frac{1}{n} = \frac{1}{\frac{f}{p} \cdot (1 - s)} = \frac{1}{f} \cdot \frac{p}{1 - s} = T \frac{p}{1 - s}$$

$$T_M = T \frac{p}{1 - s} \tag{2}$$

unde :

T_M — perioada de variație a momentului ;
n — turația arborelui pe secundă;
p — numărul perechilor de poli ai motorului:
s — media alunecării la o singură rotație.

În cazul motoarelor electrice cu turația sincronă de 1500 min^{-1}, numărul perechilor de poli este $p = 2$, de unde, pentru acest caz relația (2) se poate scrie

$$T_M = \frac{2}{1 - s} \cdot T \tag{2'}$$

Dacă în relația (2'), ținem cont că alunecarea s este întotdeauna subunitară, rezultă că perioada T_M de variație a momentului pe arbore este cu de peste două ori mai mare, în cazul solicitărilor ciclice, decît perioada curentului, adică :

$$T_M > 2\ T, \tag{3}$$

de unde rezultă că în procesul de variație ciclică, în perioada cînd pe arbore apare momentul mărit, amplitudinea curentului întrece cu mult valoarea din perioada precedentă, respectiv aceasta conduce, prin schimbări de sarcină, la modificarea alunecării, care se face simțită în neuniformitatea turației.

În scopul asigurării unei funcționări corespunzătoare pentru motocompresoare cu piston, astfel ca să fie satisfăcută condiția limită pentru intensitatea pulsațiilor de curent în motoarele electrice de acționare, s-a introdus condiția de „grad de uniformitate a turației". Pentru motocompresoarele frigorifice, unde sistemul de ambielaje al compresorului este rigid legat de arborele motorului electric, se recomandă un grad de neuniformitate a turației.

$$\delta < \frac{1}{80} \tag{4}$$

Micșorarea gradului de neuniformitate a turației implică diminuarea efectelor primare, respectiv a intestității pulsațiilor generate de funcționarea ciclică a motocompresorului.

Momentul la arborele compresorului trebuie considerat ca suma dintre momentul mediu de valoare constantă și momentul variabil suplimentar produs de regimul ciclic de funcționare a compresoarelor cu piston. Ținînd seama de efectele celor două momente, rezultă că momentul rotitor la arborele motorului solicitat, poate fi exprimat prin următoarea relație :

$$M_R = \sum_1^k r_k \cdot c_k \sin(k\omega t + \alpha_k - \psi_k), \qquad (5)$$

unde :

$$C_k = \frac{1}{\sqrt{1+(k\xi)^2}}$$

și

$$\xi = \frac{GD^2}{4gp} \cdot \frac{\omega \cdot \omega_{el}}{M_n} \cdot s$$

S-a notat cu :

M_R — momentul rezultat rotitor;
c_k — coeficient de neuniformitate;
r_k — amplitudinea;
ξ — indice inerțial;
k — numărul de ordine al armonicii ;
p — numărul de perechi de poli;
ω — viteza unghiulară a arborelui;
ω_{el} — viteza unghiulară a cîmpului electric rotitor;
α_k — faza inițială a oscilațiilor;
φ_n — arc tg $(k.\ \xi)$;
s — alunecarea;
M_n — momentul nominal;
G — greutatea motorului ;
D — diametrul rotorului;
g — accelerația gravitațională.

Dacă se analizează relația (5), se observă interdependența dintre momentul rotitor rezultant M_R și coeficientul C_k respectiv indicele inerțial, ξ care contribuie direct și favorabil la reducerea efectelor momentului variabil, suplimentar, contribuie adică la reducerea gradului de neuniformitate a turației, δ.

Ținîndu-se cont că ω, ω_{el}, M_n, g și p sînt mărimi caracteristice, pentru diminuarea efectelor ciclice nedorite este necesară mărirea indicelui inerției ξ, adică creșterea momentului de impuls GD^2 și/sau a alunecării motorului electric s.

În construcțiile de motocompresoare mici, cu o capacitate volumetrică de pînă la 28 m³/h, cărora le corespund motoare electrice de antrenare pînă la 5,5 kW, s-a preferat să se acționeze asupra alunecării s, prin mărirea acestuia la 7—10%. Creșterea momentului de impuls GD^2 devine nerecomandabilă, întrucît conduce la dimensiuni necompetitive ale motocompresorului, ca urmare a creșterii în volum a motorului electric. În cazul motocompresoarelor de construcție medie, mai mari de 56 m³/h, respectiv motoare cu puteri mai mari de 11 kW, apar condiții favorabile de a se acționa, la proiectare, asupra momentului de impuls, fără a cauza prejudicii de gabarit produselor. Rămîne valabilă și la acestea realizarea unei alunecări de 5—7%.

Caracteristica mecanică a motorului electric. Caracteristica prin care exprimă variația cuplului dezvoltat în funcție de turație trebuie să fie liberă de cupluri parazite sincrone sau asincrone, capabile să introducă inflexiuni cu minime care ar putea periclita pornirea motocompresorului, în cazul contrapresiunilor mari remanente pe supapele de refulare. Caracteristica mecanică trebuie să prezinte cupluri raportate de pornire, minim și răsturnări de valori mari ($M_P > 2{,}5$; $M_m > 1{,}5$; $M_M > 2{,}8$), care să nu permită agățarea motorului în zona instabilă de funcționare a caracteristicii. Curenții mari care corespund funcționării în acest domeniu al caracteristicii ar putea cauza avarierea rapidă a motorului electric.

Condiții termice, mod de răcire. Motoarele electrice funcționează într-un domeniu larg de solicitări și pot ocupa valori (pentru puterea utilă) cuprinse între 0,3 Pn și 1,3 Pn impuse de serviciul executat de motocompresorul semiermetic acționat. Rezultă, ca o primă consecință, un ecart mare de valori pentru intensitatea curentului din circuitul electric, respectiv o variație mare a puterilor disipate sub formă de pierderi. O particularitate a motoarelor electrice înglobate o consituie faptul că încălzirea înfășurărilor din circuitul electric este invers proporțională cu sarcina la arbore și aceasta se datorește amestecului de agent frigorific și ulei, care participă preponderent la transportul căldurii disipate de motor și care are o greutate masică diferită, în funcție de regimul frigorific în care funcționează motocompresorul. Regimurile frigorifice cu temperaturi joase de vaporizare se caracterizează printr-un debit masic mic al agentului, fapt ce conduce la o evacuare redusă a căldurii disipate de motor, deși puterea utilă solicitată la arbore nu este decît 30% din puterea nominală. În regimurile de temperaturi de vaporizare pozitive, debitul masic al agentului crește de circa 3 ori; se ameliorează condițiile de evacuare a căldurii disipate și, ca o consecință favorabilă în exploatarea motocompresorului, încălzirea bobinajului este mult mai mică față de cazul valorilor înregistrate la funcționarea în regimurile de temperaturi joase, deși puterea solicitată crește, ajungînd la 130% din puterea nominală, avînd ca efect imediat creșterea intensității curentului care străbate înfășurările. Dacă se consideră valoarea încălzirii

bobinajului, pentru temperaturi de vaporizare joase, ca valoarea procentuală cea mai mare atunci aceasta descreşte în funcţie de regimul frigorific, după cum urmează.

a) regim de temperaturi joase : $t_0 = -35°C/t_k = 55°C/t_a = 32°C$ încălzire $\Delta 0 = 100\%$.

b) regim de temperaturi medii : $t_0 = -15°C/t_k = 55°C/t_a = 32°C$ încălzire $\Delta 0$ de 60 ... 80%.

c) regim de temperaturi înalte (condiţionare) : $t_0 = 12{,}5°C/t_k = 55°C/t_a = 32°C$; încălzire de 40 ... 50%.

Convecţia forţată realizată de agentul frigorific şi ulei se obţine ca urmare a aspirării amestecului de gaze prin intrefier şi canalele axiale practicate în jugul rotoric. Pentru a mări eficienţa convecţiei naturale, la exteriorul carcasei motocompresorului, în zona corespunzătoare motorului electric, aceasta este prevăzută cu nervuri circulare, transversale, care, prin suprafaţa mărită, pe care o oferă favorizează o cedare importantă de căldură, respectiv contribuie la răcirea motorului electric.

Corespunzător condiţiilor celor mai defavorabile din exploatare, motoarele electrice se limitează în funcţionare la nivelul indexului termic de 110°C. Această limitare a temperaturii este condiţionată de buna funcţionare a motocompresorului şi a instalaţiei pe care o serveşte. Prin depăşirea acestei temperaturi, cantitatea de căldură cedată agentului care spală întreaga suprafaţă a motorului electric devine importantă şi atît de ridicată încît, cu adaosurilor termice create de procesele intermediare pînă la refulare din compresor, se facilitează apariţia unor compuşi secundari de acid fluorhidric sau acid clorhidric, rezultat din reacţii chimice de transformare lentă a freonului sub influenţa presiunii şi a temperaturii peste anumite limite. Deficienţele rezultate, pentru o instalaţie frigorifică, în urma corodărilor chimice ce acţionează prin compuşii secundari ce se produc în condiţiile arătate, se evidenţiază prin deteriorarea materialelor dielectrice din circuitul electric şi care conduc la defectarea motorului electric. Se impune asigurarea protecţiei termice a motorului electric, pentru a limita temperatura de funcţionare a acestuia. Pentru aceasta, odată cu realizarea motorului, se implantează în bobinajul statoric, pe fiecare fază şi înseriaţi, termistori termoprotectori cu o rezistenţă nominală $\leqslant 700$ Ohm (rezistenţa termistorilor la $T_{amb} = 25°C$) şi temperatura nominală de funcţionare $TNF = 120°C$. Protecţia termică cu termistori evită o funcţionare accidentală a motorului electric la temperaturi ridicate şi nerecomandate. Sesizarea termistorului se transduce la contactor, pentru deconectarea de la reţea a motorului prin intermediul releului de protecţie termică pentru motoare cu termistoare şi care se află montate în cutia de borne a motocompresorului.

Puterea utilă. Puterea nominală la care se tarează motorul electric se consideră cea corespunzătoare acţionării motocompresorului, pentru regimul frigorific cu temperatura de vaporizare t_0 cuprinde în domeniul de temperaturi negative de la —10°C la —15°C, temperatura de condensare t_k de 55°C şi temperatura de aspiraţie t_a de 32°C. Condiţiile speciale de generare şi evacuare a căldurii produse de pierderile ohmice disipate permit ca densitatea de curent, la dimensionarea circuitului electric al bobinajului statoric, să fie considerată în calcul pînă la 6 A/mm^2.

Domeniul mare de utilizare în exploatare a motocompresorului frigorific semiermetic îi conferă un caracter de uz general capabil să servească, fără modificări constructive, diverse instalaţii care, după specificul serviciului cerut la utilizator, trebuie să asigure regimuri de temperaturi joase (J), medii (M) sau înalte (condiţionare C). Aceasta conduce la o serie de stări nominale pentru motorul electric care echipează un motocompresor, unde fiecărui regim îi corespunde un anumit mănunchi de parametri şi care pentru o anumită situaţie de funcţionare au caracter de nominal. Faţă de valoarea nominală a puterii utile, P_u, pentru care s-au tarat parametrii săi nominali, motorul trebuie să asigure o bună funcţionare în domeniul de puteri 0,3 P_u pînă la 1,3 P_u.

Condiţii pentru randamentul motorului electric. Randamentul fiind parametrul de control pentru pierderile ce se disipează în funcţionarea motorului sub formă de căldură, este necesar să fie menţinut la valori relativ mari faţă de valoarea nominală impusă. Aceasta condiţionează ca randamentul motorului electric să nu scadă cu mai mult de 10% faţă de valoarea nominală impusă în domeniul de utilizare de la 0,3 P_u la 1,3 P_u.

Regimul de utilizare în exploatare a motorului electric de acţionare a motocompresorului semiermetic este condiţionat de serviciul solicitat instalaţiei frigorifice, cît şi de capacitatea de conservare în timp a temperaturilor comandate şi care poate fi satisfăcută printr-o funcţionare intermitentă sau continuă a motorului. Se impun motorului electric două servicii tip ; primul se defineşte printr-un regim intermitent periodic, simbolizat după STAS 1893-78 prin S 3—40%—12 C/h, caracterizat printr-o succesiune de cicluri identice; al doilea serviciu tip este cel continuu simbolizat S 1, şi poate interveni ca urmare a unor situaţii întîmplătoare create în exploatare, în procesele tehnologice de utilizare a agregatu-

Tabelul 1

Nr. crt.	Parametrul	Simbol	U.M.	Valoarea parametrului							
1.	Puterea utilă nominală	P_n	kW	0,750	71,1	1,5	2,2	5,5	11	15	22
2.	Randament	η	%	76,14	74,82	76,06	78,6	83,08	85,87	86,31	88,7
3.	Factor de putere	$\cos\varphi$	—	0,784	0,822	0,862	0,852	0,839	0,836	0,83	0,82
4.	Alunecare	s	%	9,1	11	9,9	9,1	7,45	6,5	5,52	3,26
5.	Turație	n	min^{-1}	1363,5	1335	1351,5	1365	1388,2	1400	1417,2	1451,1
6.	Val. relativă a cuplului de pornire	M_p/M_n	—	3,96	3,47	2,8	2,89	2,93	3,494	3,528	3,7
7.	Val. relativă a cuplului minim	M_m/M_n	—	2,93	2,86	2,2	2,01	1,84	2,7	2,87	1,8
8.	Val. relativă a cuplului maxim	M_M/M_n	—	3,17	3,13	3,167	2,98	3,01	3,38	3,25	3,8
9.	Val. relativă a curentului de pornire	I_p/I_n	—	5,33	5,14	5,46	5,63	4,85	5,99	5,63	8,37
10.	Temperatura bobinajului statoric	θ	°C	86,83	87,47	79,8	88,4	78,5	66,7	68,3	74,2

lui servit de motocompresorul semiermetic și care, datorită unor frecvențe mari de acces, perturbează microclimatul comandat incintei de lucru.

Parametrii electro-mecanici obținuți pentru motoarele electrice, cu turație sincronă (1500 rot/min^{-1}) de acționare a motocompresoarelor semiermetice din seria unitară (6,3 ... 80) m^3/h sînt indicați în tabelul 1.

În tabelul 2 sînt indicați parametrii electromecanici, propuși — rezultați din calculele de proiectare — pentru motoarele electrice de acționare a motocompresoarelor semiermetice din seria (112 ... 450) m^3/h.

În figura 1 sînt reprezentate caracteristicile mecanice $M = f(n)$ ale motoarelor MCSE 0,75 kW și 5,5 kW, ridicate pe standul laboratorului Intreprinderii Electromotor Timișoara, iar în figura 2, respectiv figura 3, caracteristicile de funcționare în sarcină în regimul de temperaturi $t_0/+55^0C/+32^0C$ ale motorului electric de 0,75 kW x 1500 rot/min^{-1} la acționarea motorului semiermetic MCS 6,3 m^3/h, respectiv ale motorului de 5,5 kW × 1500 rot/min^{-1} la acționarea motocompresorului MCS 28 m^3/h.

Regimul de utilizare în exploatare al motorului electric de acționare a motocompresorului semiermetic este condiționat de serviciul solicitat instalației frigorifice, cît și de capacitatea de conservare în timp a temperaturilor comandate și care poate fi satisfăcut printr-o funcționare intermitentă sau continuă a motorului. Se impun motorului electric 2 servicii tip și care se definesc primul printr-un regim intermitent periodic, simbolizat după STAS 1893-78 prin : S3—40% — 12 C/h, caracterizat printr-o succesiune de cicluri identice. Un al doilea serviciu tip este cel continuu simbolizat S1. Poate interveni ca urmare a unor situații întîmplătoare create în exploatare în procesele tehnologice de utilizare a agregatului deservit, de motocompresorul semiermetic și care, datorită unor frecvențe mari de acces perturbă microclimatul comandat incintei de lucru.

Tabelul 2

Nr. crt.	Parametrul	Simbol	U.M.	Valoarea parametrului					
1.	Puterea utilă nominală	P_n	%	26	30	40	55	75	90
2.	Randament	η	—	89,49	87,91	89,27	89,4	92,5	92,5
3.	Factor de putere	$\cos\varphi$	%	0,91	0,899	0,89	0,89	0,89	0,89
4.	Alunecare	s	kW	3,48	4,6	4,03	3,8	3,94	4,09
5.	Turația	n	min^{-1}	1448	1431	1439,5	1443	1440,9	1438,7
6.	Val. relativă a cuplului de pornire	M_p/M_n	—	3,16	2,682	3,325	4,597	2,5	2,5
7.	Val. relativă a cuplului minim	M_m/M_n	—	1,86	1,8	1,8	1,7	1,5	1,5
8.	Val. relativă a cuplului maxim	M_M/M_n	—	2,552	2,098	2,403	2,971	3	3
9.	Val relativă a curentului de pornire	I_p/I_n	—	6,86	4,85	5,683	6,336	7,5	7,5
10.	Temperatura bobinajului statoric	θ	°C	<110	<110	<110	<110	<110	<110

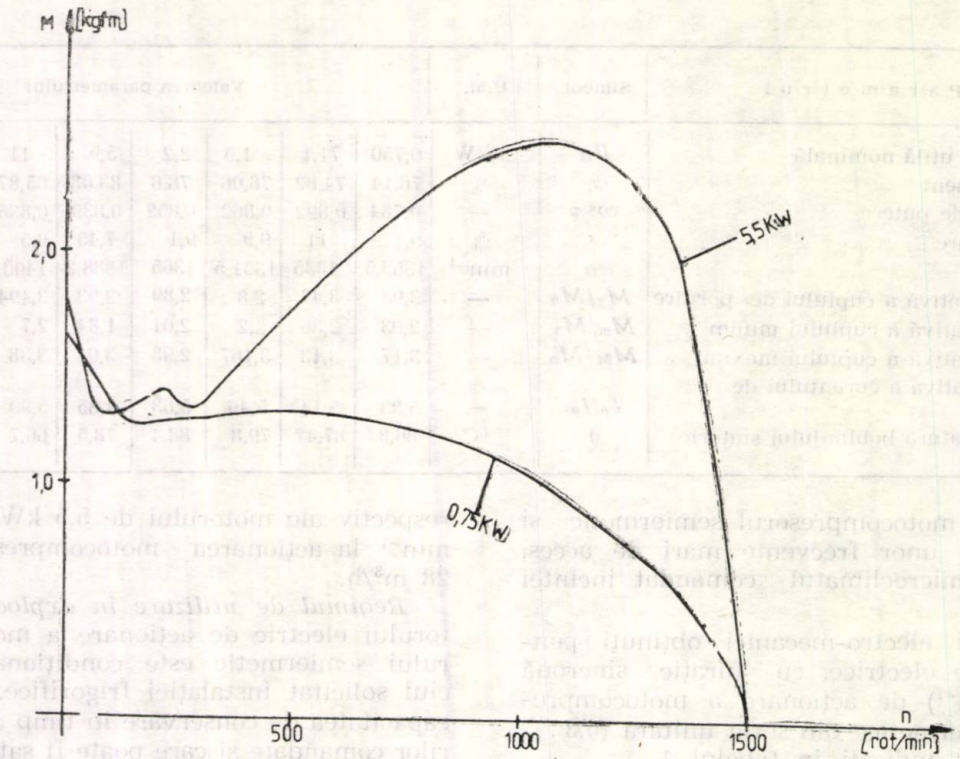


Fig. 2 Caractersticile mecanice $M=f(n)$ ale motoarelor electrice MCSE 0,75 kW și 5,5 kW × 1500 rot/min.

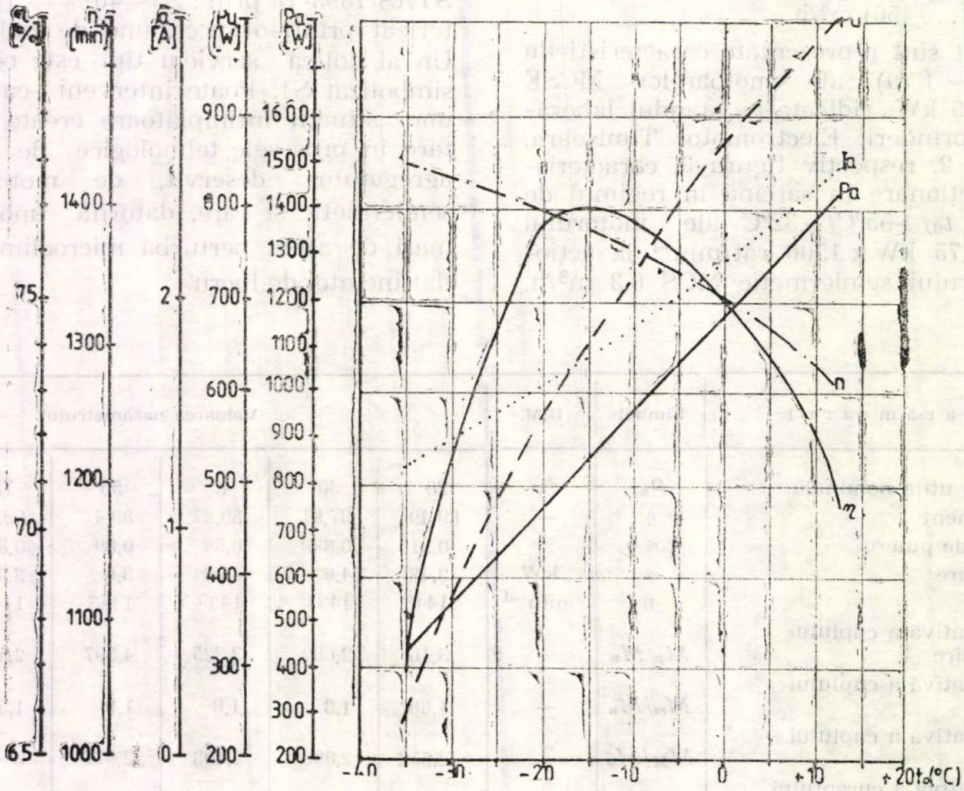


Fig. 3 Caracteristicile de funcționare în sarcină în regimul de temperatură, t_0 +55°C/+32°C ale motorului electric de 0,75 kW la acționarea motocompresorului MCS 6,3 m³/h.

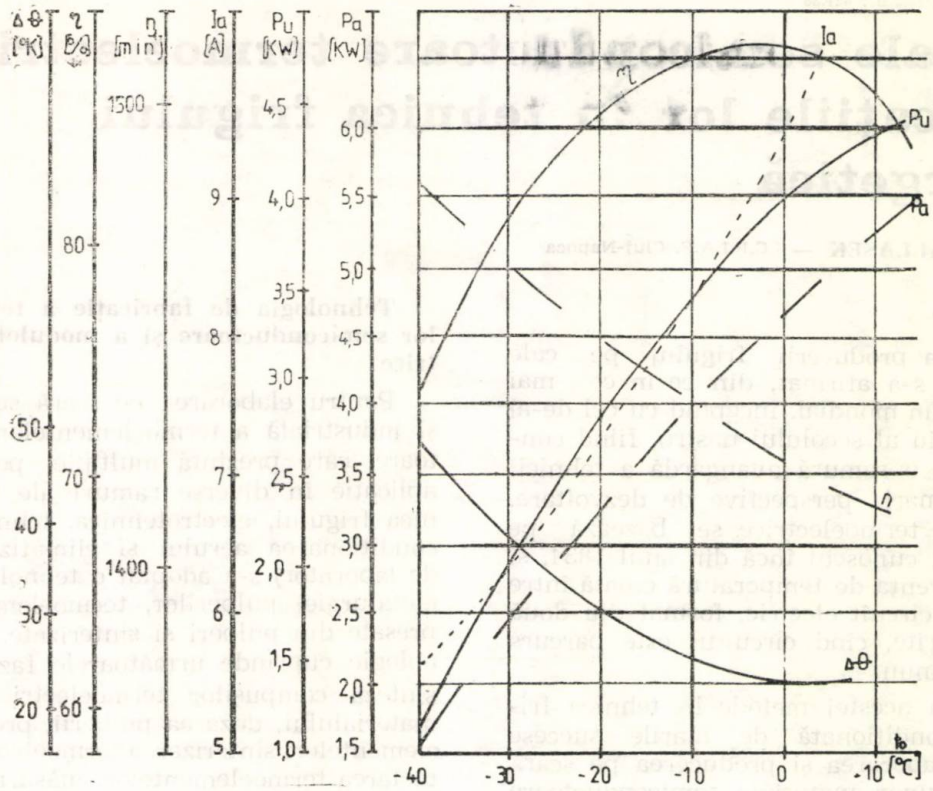


Fig. 4 Caracteristicile de funcționare în sarcină în regimul de temperatură t_0/+55°C/+32°C ale motorului electric de 5,5 kW la acționarea motocompresorului MCS 28 m³/h.

Principalii parametrii electro-mecanici rezultați pentru motoarele electrice asincrone înglobate asimilate în fabricație.

Parametrii electro-mecanici obținuți pentru motoarele electrice de turație sincronă 1500 min^{-1} de acționare a motocompresoarelor semiermetice din seria unitară (6,3 . . . 80) m³/h sînt indicați în tabelul 1.

În tabelul 2 sînt indicați parametrii electro-mecanici propuși rezultați din calculele de proiectare — pentru motoarele electrice de acționare a motocompresoarelor semiermetice din seria (112 . . . 450) m³/h.

În figura 2 sînt reprezentate caracteristicile mecanice M = f (n) ale motoarelor MCSE — 0,75 kW și 5,5 kW, ridicate laboratorului I. Electromotor Timișoara, iar în fig. 3 respectiv fig. 4, caracteristicile de funcționare în sarcină în regimul de temperaturi t_0/+55/+ +32°C ale motorului electric de 0,75 kW × × 1500 min^{-1} la acționarea motorului semiermetic MCS—6,3 m³/h, respectiv ale motoarelor de 5,5 kW × 1500 min^{-1} la acționarea motocompresorului MCS 28 m³/h.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x: Norme naționale R.S.R.: STAS 1893—78; 3998/2—74; 625—71; 5325-78; 6588—62; 11236—79; 6692—79; 8393/1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9,14, 15. 16, 17, 18, 19; 6745—71; 7617—66; 6667-78; 6825—63; 11269—79; 930—75; 881—71; 8457/1—79; 8681—70; 8274—74; 8174/1, 2, 3—77; 686—68; 1724—69; 7259—80.

[2] x x x: Norme internaționale: „I.E.C. — Publication": 34/1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8—72; 529—76; 72/1; 3—76; 271—74.

[3] x x x: Norme străine: D.I.N.: 89785—73; 42673; 7160/1; 2; 6885; 45665—68; 8978—73; 8979—73; 8964—68.

[4] *Andersch, H.:* Proiectarea motoarelor încorporate ale compresoarelor frigorifice ermetice și semiermetise-Luft — und Kälterechnick, martie, 1973.

[5] *Komedone, M.:* Temperaturi la înfășurarea electromotoarelor, compresoarelor semiermetice — Modern Refrigeration.

[6] *Resse, K.H:* Protecția motoarelor cu termistori pentru compresoare semiermetice — Die Kälte, noiembrie, 1971.

CZ : 621.56/.59 : 621.315.529 : 621.36

Materiale semiconductoare termoelectrice și aplicațiile lor în tehnica frigului și energetică

Fiz. Ștefan VALLASEK — I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca

Introducere

Posibilitatea producerii frigului pe cale termoelectrică s-a afirmat, din ce în ce mai puternic pe plan mondial, începînd cu cel de-al șaptelea deceniu al secolului nostru, fiind considerată astăzi o ramură avangardă a tehnicii frigului, cu mari perspective de dezvoltare. Metoda răcirii termoelectrice se bazează pe efectul Peltier, cunoscut încă din anul 1834, și utilizează diferența de temperatură creată între sudurile unui circuit electric, format diu două materiale diferite, cînd circuitul este parcurs de curent continuu.

Răspîndirea acestei metode în tehnica frigului a fost condiționată de marile succese obținute în elaborarea și producerea pe scară industrială a unor materiale semiconductoare cu proprietăți termoelectrice deosebit de bune, cel mai des utilizate fiind aliajele intermetalice bazate pe telurură de bismut (Bi_2Te_3) [1, 2, 3, 4].

Pînă în prezent sistemele de răcire care se aplică pe scară industrială în țara noastră sînt cele clasice, cu compresie mecanică și termică. Unele dezavantaje ale acestora, cum sînt dimensiuni de gabarit mari, fiabilitatea limitată, funcționare zgomotoasă, producerea de vibrații consum de agenți frigorifici din import (freoni), limitează posibilitățile lor de aplicare în tehnica frigului.

Existența în țară a unor materii prime indigene, insuficient valorificate (bismut, telur, stibiu, seleniu), precum și necesitatea de a extinde aplicabilitatea tehnicii frigului în domeniul capacităților frigorifice mici (sub 50 W) au impus demararea cercetărilor privind elaborarea termoelementelor semiconductoare și a utilizării lor în construcția aparatelor termoelectrice refrigeratoare.

În continuare, vom prezenta cîteva din rezultatele obținute de către colectivul de cercetare din cadrul Institutului de Cercetare și Proiectări Mașini și Instalații pentru Industria Alimentară și Frigorifică Cluj-Napoca, în elaborarea unei tehnologii de fabricare a termoelementelor semiconductoare și în construcția de aparate termoelectrice refrigeratoare.

Tehnologia de fabricație a termoelementelor semiconductoare și a modulelor termoelectrice

Pentru elaborarea pe scară semiindustrială și industrială a termoelementelor semiconductoare, care prezintă multiple posibilități de aplicație în diverse ramuri ale tehnicii (tehnica frigului, electrotehnica, tehnica medicală, condiționarea aerului și climatizarea, tehnica de laborator) s-a adoptat o tehnologie specifică metalurgiei pulberilor, termoelementelor fiind presate din pulberi și sinterizate. Această tehnologie cuprinde următoarele faze principale : sinteza compușilor termoelectrici, granularea materialului, dozarea pulberii, presarea termoelementelor, sinterizarea termoelementelor, contactarea termoelementelor, măsurări de control al parametrilor termoelectrici [5].

În vederea utilizării lor în diverse instalații termoelectrice de refrigerare, termoelementele semiconductoare se asamblează în module

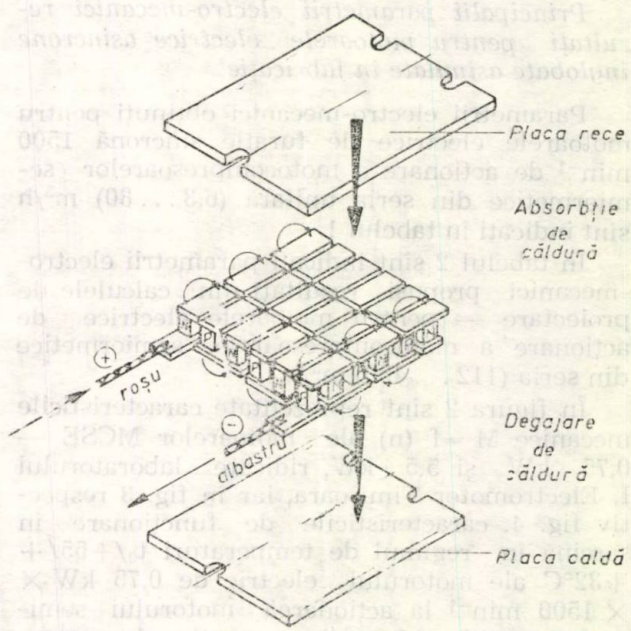


Fig. 1

termoelectrice. Un modul termoelectric (fig. 1) este format dintr-un număr de perechi de termoelemente de tip T—N, legate în serie din punct de vedere electric și în paralel din punct de vedere termic prin intermediul unor plă-

Tabelul 1

Tip	Material termoelectric	Număr perechi termo-elemente	Dimensiuni termoelement [mm]	Dimensiuni de gabarit [mm]	Capacitatea frigorifică maximă [W]	Diferența max. de temperatură [°C]
MTER 18—8	Bi_2Te_3	18	3×3×4	36×46×11	8	42
MTER 32—15	Bi_2Te_3	32	3×3×4	57×47×11	15	42

Dimensiunile și caracteristicile modulului MTER 18—8 sînt prezentate în figurile 2—5

cuțe de contact din cupru, care se fixează între două plăci izoterme din aluminiu eloxat [6].

La I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca, s-a realizat o stație pilot de producție a materialelor termoelectrice de joasă temperatură pe bază de Bi_2Te_3 și a modulelor termoelectrice pentru instalații termoelectrice refrigeratoare. În prezent se execută o producție de mică serie a următoarelor tipuri de module termoelectrice refrigeratoare (tab. 1).

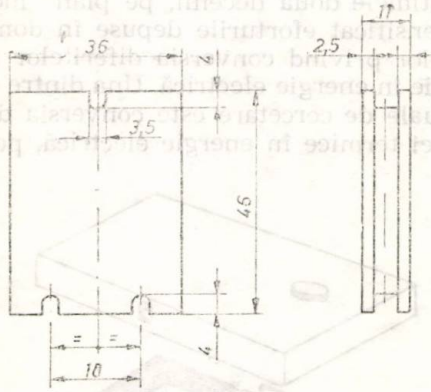


Fig. 2

Perspectivele de dezvoltare a cercetării în domeniul modulelor termoelectrice refrigeratoare au în vedere îmbunătățirea caracteristicilor materialelor termoelectrice utilizate, prin purificarea mai avansată a materiilor prime, miniaturizarea modulelor termoelectrice, mărirea diferenței maxime de temperatură și a randamentului energetic, utilizarea plăcilor izoterme realizate din ceramică superaluminoasă metalizată prin tehnica depunerii în vid, extinderea numărului de tipodimensiuni din programul de fabricație, îmbunătățirea fiabilității și extinderea domeniului de aplicații în diverse domenii ale tehnicii.

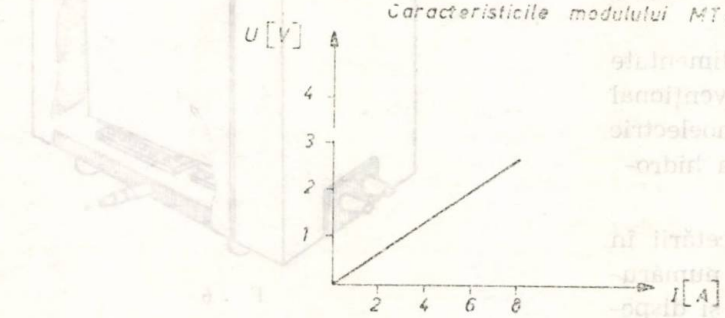


Fig. 3

Realizarea instalațiilor termoelectrice refrigeratoare și aplicațiile acestora în diferite domenii ale tehnicii

În urma activității de cercetare și proiectare desfășurate la I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca în domeniul instalațiilor și dispozitivelor termoelectrice refrigeratoare, au fost experimentate și introduse în fabricația de mică serie cîteva produse care funcționează în baza efectului termoelectric de răcire. Dintre acestea vom aminti următoarele :

— microfrigidere termoelectrice de laborator, (fig. 6), cu o capacitate de 2, 3, 4, litri, care realizează temperaturi de pînă la —10°C, cu aplicații în chimie, biologie, medicină, electronică [7];

— termostate de referință 0°C tip ZERO-TERM, cu o precizie de ±0,1°C, cu aplicații în metrologie la măsurări de temperatură cu ajutorul termocuplelor [8] ;

— refrigeratoare termoelectrice cu imersie pentru lichide, tip FRIGOPLONJOR, (fig. 7), care realizează temperaturi de pînă la —5°C, cu aplicații în chimie, medicină, biologie [9] ;

— dispozitive termoelectrice refrigeratoare pentru detectori de radiație nucleară cu siliciu;

— dispozitive termoelectrice refrigeratoare pentru laseri cu CO_2 și pentru diode laser ;

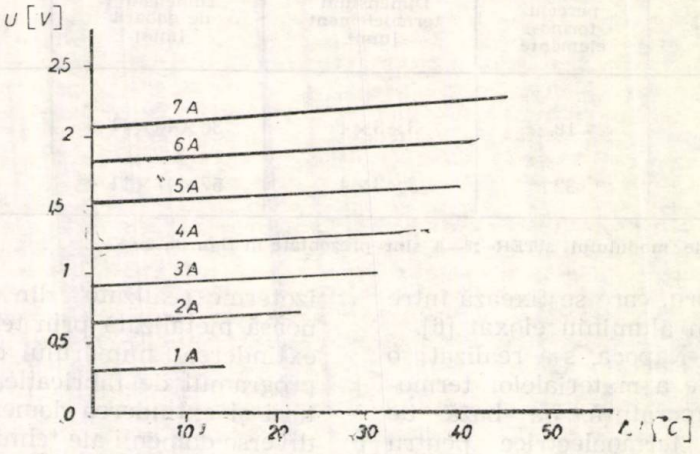


Fig. 4

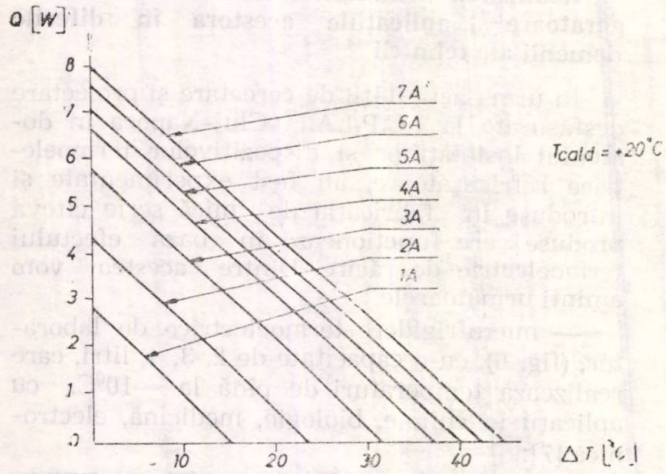


Fig. 5

— dispozitive termoelectrice pentru refrigerarea unor scule utilizate pentru prelucrări mecance în industria sticlei ;

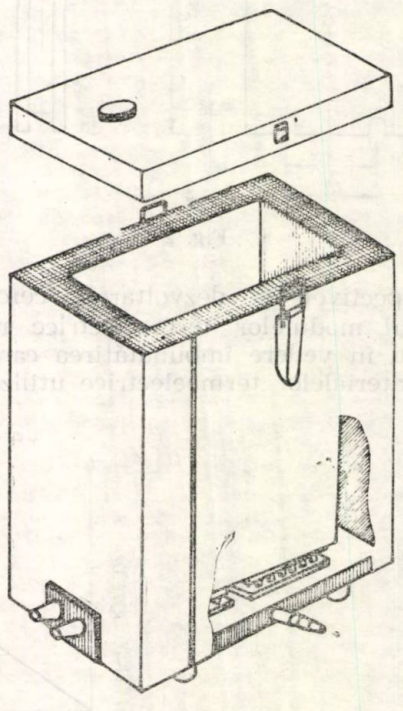
— dispozitive termoelectrice refrigeratoare pentru determinarea unor caracteristici fizice ale produselor petroliere ;

— refrigeratoare termoelectrice alimentate cu surse de energie de tip neconvențional (panou fotovoltaic sau generator termoelectric solar) pentru instalații de producere a hidrogenului prin electroliza apei [10].

Perspectivele de dezvoltare a cercetării în acest domeniu au în vedere extinderea numărului de tipodimensiuni ale instalațiilor și dispozitivelor termoelectrice fabricate și găsirea de noi aplicații în domenii ca : tehnica de laborator, tehnica vidului, electronică, medicină, biologie, industria bunurilor de larg consum, condiționarea aerului, pompe de căldură, construcția de aparatură pentru cercetare științifică.

Realizarea generatoarelor termoelectrice pentru conversia energiei solare

În ultimele două decenii, pe plan mondial s-au intensificat eforturile depuse în domeniul cercetărilor privind conversia diferitelor forme de energie în energie electrică. Una dintre direcțiile actuale de cercetare este conversia directă a energiei termice în energie electrică, pe baza



F . 6

efectului termoelectric direct (efect Seebeck). Generatorul termoelectric este un convertizor de energie, format din două tipuri de materiale cu proprietăți termoelectrice complementare, de obicei semiconductoare de tip n și p. Acest

tip de generator termoelectric poate utiliza, ca sursă de energie termică, energia unor hidrocarburi gazoase sau lichide, energia dezintegrărilor radioactive sau energia solară [11, 12].

Generatoarele termoelectrice solare pot fi împărțite in două categorii :

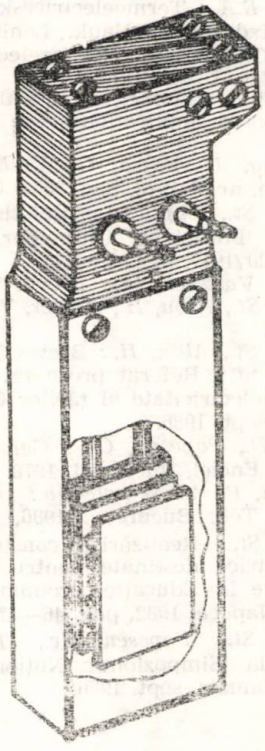


Fig. 7

a) generatoare fără concentrator ;

b) generatoare cu concentrator de energie solară.

Cercetările efectuate în țară de către I.C.P.E. București și I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca au condus la realizarea primelor generatoare termoelectrice solare din țara noastră, executate în două variante constructive :

— generatoarele termoelectrice solare plane de tip GTSP—1 și GTSP—2, avînd o suprafață convertoare de 1 m^2 și o suprafață captatoare de 2 m^2 ;

— generatorul termoelectric solar cu concentrator cilindro-parabolic de tip GTSC—1, cu o deschidere de 2 m și lățime de 1 m, avînd un factor de concentrare a radiației $C = 35$.

Performanțele acestor generatoare experimentale prezintă o tendință de creștere, datorită îmbunătățirilor constructive și funcționale efectuate. Astfel, modelul GTSP—1, are o putere debitată maximă de 33 W și un randament de numai 0,4%; GTSP—2 are $P_{max} = 8$ W și randament de 1%, iar GTSC—1 are $P_{max} = 15$ W și randament de 2% pentru o intensitate a radiației solare de 800 W/m^2.

Generatoarele termoelectrice solare realizate în țară au fost echipate cu module termoelectrice generatoare, fabricate la I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca. Caracteristicile acestor module sînt prezentate în tabelul următor [13].

În anii 1983—1985 a fost proiecat, executat și experimentat generatorul termoelectric solar de joasă concentrare, de tip GTS 2,4—100/30, format din 100 bucăți module termoelectrice generatoare tip MTEG—24—0,3 montate în linii de cîte cinci module pe un radiator comun din profil de aluminiu în focarul unui concentrator de tip albie în formă de „V", avînd un factor de concentrare $C = 2{,}4$. Fiecare linie termoelectrică este asamblată într-o cutie confecționată din material izolator, în vederea reducerii pierderilor de căldură și acoperită cu un geam de sticlă cu grosimea de 1,5 mm, care asigură efectul de seră. Acoperirea suprafeței receptoare a modulelor termoelectrice a fost realizată cu o vopsea avînd coeficientul global de absorbție de 0,94 și un factor energetic de

Tabelul 2

Tip	Material termoelectric	Număr perechi termo-elemente	Dimensiuni termoelement [mm]	Dimensiuni de gabarit [mm]	Putere maximă [W]	Temperatura maximă de funcționare [°C]
MTEG 18—0,5	Bi_2Te_3	18	3×3×4	36×46×11	0,5	200
MTEG 32—1	Bi_2Te_3	32	3×3×4	57×47×11	1	200
NTEG 24—0,3	Bi_2Te_3	2×12	5×5×4	128×162×35	0,3	130
MTEG 32—0,8	PbTe	32	3×3×4	57×47×11	0,8	300
MTEG 18—0,4	PbTe	18	3×3×4	36×46×11	0,4	300
MTEG 8—4	PbTe	8	5×5×10	115×100×60	4	500

emisie de 0,92, depusă în strat cu o grosime de 0,1 mm. Suprafața totală a oglinzilor plane ale concentratorului este de 8 m², iar a modulelor este de 2 m². Suportul generatorului este amplasat cu suprafața captatoare orientată spre sud, înclinat la un unghi de 45° față de orizontală și este prevăzut cu un sistem care permite reglaea înălțării în funcție de poziția Soarelui.

În cursul experimentărilor cu acest generator, au fost obținute următoarele performanțe: valoarea maximă a puterii $P_{max} = 28$ W pentru o rezistență de sarcină de 5,3 Ω și intensitate a radiației solare de 800 W/m², valoarea maximă a tensiunii în gol este de 25,7 V, iar a curentului de scurtcircuit este de 4,2 A. Generatorul este destinat utilizării ca sursă autonomă pentru alimentarea unor consumatori mici de energie electrică, în curent continuu cum ar fi echipamentele electronice folosite în telecomunicații și semnalizare, în gama de puteri de 10—30 W și ca sursă pentru alimentarea unui electrolizor utilizat pentru obținerea hidrogenului [14].

În perspectivă, s-a prevăzut construcția unor generatoare termoelectrice cu convertizoare pe bază de materiale termoelectrice de joasă și medie temperatură, avînd un randament de conversie mai ridicat și realizarea unor instalații mixte care produc energie electrică și energie termică, cu un randament de 8—10%.

În paralele vor fi continuate experimentările cu instalațiile existente, pentru obținerea unor date suplimentare asupra fiabilității și funcționabilității acestora.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Goldsmid, H.J.:* Thermoelectric refrigeration, Plenum Press, New York, 1964.
[2] *Kolenko, E.A.:* Termoelectriceskie ohlajdaiușcie priborî, Izd. Akad. Nauk, Leningrad, 1967.
[3] x x x: CAMBION Thermoelectric Handbook, Cambridge, U.S.A. 1972.
[4] *Elberg, S., Mathonnet, P.:* La thermoélectricité-materiaux et applications, Ed. GEN Grenoble. 1975.
[5] *Jaklovszby, J. Aldica, G., Vallasek, St.:* Electrotehnica, nr. 8/1978, pag. 305—307.
[6] *Vallasek, St., Lupșa, I.:* Buletinul Științific al Institutul Politehnic Cluj, Ser. Mat. Fiz. — Mec. nr. 20/1977, pag. 41—44.
[7] *Albu, H., Vallasek, St.:* Brevet R.S.R. nr. 67048.
[8] *Vallasek, St., Albu, H., Müller, V.:* Brevet R.S.R. nr. 67.067.
[9] *Vallasek, St., Albu, H.:* Brevet R.S.R. nr. 67046.
[10] *Vallasek, St.:* Referat prezentat la Simpozionul de Termoelectricitate al țărilor CAER, Ashabad, U.R.S.S., sept. 1986.
[11] *Moraru, D., Popescu, Gr.:* Generatoare solare, Ed. Șt. și Encicl. București, 1978.
[12] *Tănăsescu, Fl. T. și colectiv:* Conversia Energiei, Ed. Teh. București, 1986, pag. 148—198.
[13] *Vallasek, St.:* Realizări în construcția modulelor termoelectrice destinate pentru conversia energiei solare în Educație, economie, energie, vol. II, Cluj-Napoca, 1982, pag. 46—47.
[14] *Vallasek, St., Popescu, Gr., Teodoreanu, D.:* Referat la Simpozionul Național de Energie Solară, Mamaia, sept. 1986.

CZ : 621.57 : 621.59 : 66.046.33

Sisteme criogenice miniaturale

Fiz. Iosif **DEAC**, ing. Gheorghe **IORGA**, ing. Zeno **MIRON** — I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca

Introducere

Atenția crescîndă acordată în ultimii ani, pe plan mondial, senzorilor electronici răciți la temperaturi criogenice ca și necsitatea răcirii, în general, a unor incinte de dimensiuni reduse, la temperaturi extrem de joase, au încurajat și stimulat dezvoltarea sistemelor criogenice miniaturale. Aplicațiile practice ale maserilor, comutatoarelor supraconductoare (cryotroane), dispozitivelor SQUID (dispozitive cuantice interferențiale supraconductoare) ale senzorilor electronici criogenici care funcționează și care trebuie menținute la temperaturi joase și ale criopompelor de dimensiuni reduse reclamă utilizarea refrigeratoarelor miniaturale compacte, mai ales în situațiile care nu permit răcirea cu ajutorul lichidelor criogenice.

Senzorii electronici funcționînd la temperaturi joase (sub —190°C) și-au găsit utilizări în diferite domenii care includ : cercetări biomedicale (biomagnetice), măsurări de geofizică, metrologie, detectarea radiației electromagnetice și a anomaliilor magnetice, computere de mare viteză, aplicații spațiale, detectarea undelor milimetrice și infraroșii, precum și alte măsurări de laborator de diferite tipuri.

Realizarea minirefrigeratoarelor este direcționată de următoarele criterii :

1 — sistemul trebuie să prezinte siguranță în funcționare și să solicite întreținere minimă;

2 — refrigeratorul să nu necesite surse de frig auxiliare (azot lichid, hidrogen lichid, etc.) pentru prerăcire sau funcționare în regim staționar ;

3 — timpul de răcire să fie redus (de la cîteva secunde pînă la cîteva minute).

Utilizarea pe scară largă a sistemelor criogenice miniaturale impune disponibilitatea acestora în condiții de fiabilitate ridicată, prețuri rezonabile și posibilități de exploatare și pentru nespecialiști.

Costul, complexitatea și energia de antrenare a minirefrigeratoarelor pot fi reduse substanțial, prin ridicarea temperaturii de lucru a dispozitivului electronic supus răcirii. Nisenoff [1] a arătat că o creștere a temperaturii de funcționare de la 4°K la 10°K va determina o reducere a masei, a gabaritului și a costului cu un factor de aproximativ 2,5, iar a energiei consumate pentru antrenare cu un ordin de mărime. Succesele recente [2] înregistrate în domeniul materialelor supraconductoare cu temperatura de tranziție ridicată, vor da cu siguranță un nou impuls dezvoltării refrigeratoarelor miniaturale compacte.

Principiul de funcționare determină stabilirea a două clase de minirefrigeratoare [1] funcționînd după un ciclu deschis (sistemele Joule-Thomson) [3—4] și [2] funcționînd după un ciclu închis (Stirling, Gifford-McMahon, Solvay, Claude, Vuilleumier etc.) [4—5].

Capacitatea frigorifică a minirefrigeratoarelor care lucrează într-o singură treaptă, la temperaturi siutate în jur de —190°C, funcție de gabarit și energia consumată, cuprinde o gamă de la 0,1 W la 100 W. Nivele mai coborîte de temperatură pot fi atinse utilizînd sisteme funcționînd în două sau mai multe trepte de răcire [3—4], fiind posibilă obținerea unor temperaturi în jur de —269°C (4°K),

În toate cazurile, parametrii care determină buna funcționare a unui minirefrigerator, sînt următorii :

— temperatura de criostatare T și precizia ΔT sau viteza de variație, $\frac{dT}{dt}$ a acesteia ;

— degajarea de căldură Qi de la obiectul supus răcirii și pătrunderile de căldură din mediul exterior Q_e, suma acestora determinînd sarcina termică a minifrigeratorului ;

— capacitatea calorică redusă C_r, care împreună cu Q_i și Q_e determină funcționarea sistemului în regim de pornire ;

— condițiile de mediu și de cuplare a minirefrigeratorului cu obiectul supus răcirii.

La I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca există preocupări privind studiul, realizarea și experimentarea sistemelor criogenice miniaturale, încă din 1984 realizîndu-se minirefrigeratoare Joule-Thomson, Stirling, Gifford-McMahon ; cercetările în prezent se află în plină desfășurare în vederea optimizării parametrilor de funcționare și definitivării soluțiilor constructive.

Refrigeratoare miniaturale Joule-Thomson

Minirefrigeratoarele Joule-Thomson pot constitui o sursă de frig rapidă prin expandarea izentalpă a unui gaz comprimat (de obicei aer, azot sau argon) și recuperarea entalpiei prin utilizarea unui schimbător de căldură în contracurent.

Utilizarea minirefrigeratoarelor de acest tip, cu o singură treaptă de răcire, este avantajoasă în cazul gazelor din așa-numita grupă A, pentru care temperatura de inversie a efectului Joule-Thomson este situată deasupra temperaturii camerei. Aceste gaze permit, prin lichefiere, atingerea temperaturilor situate în domeniul de la —190°C la —200°C. Diametrele acestor refrigeratoare sînt cuprinse în general între 4 și 15 mm, iar lungimile corespunzătoare între 30 și 150 mm.

Figura 1 prezintă detalii ale minirefrigeratorului Joule-Thomson și schema principiului de funcționare [4].

Gazul aflat într-o butelie la presiune ridicată (aproximativ 300 bar) intră într-un schimbător de căldură **1—2**, alcătuit dintr-un circuit de tuburi capilare nervurate și înfășurate în spirală ; trece printr-un orificiu de laminare foarte fin **2—3**, unde suferă o scădere a temperaturii. După detentă gazul absoarbe căldură de la obiectul supus răcirii **3—4** și se reîntoarce în exterior spălînd în contra-curent tuburile capilare ale schimbătorului de căldură **4—5**, astfel încît să răcească gazul comprimat, care

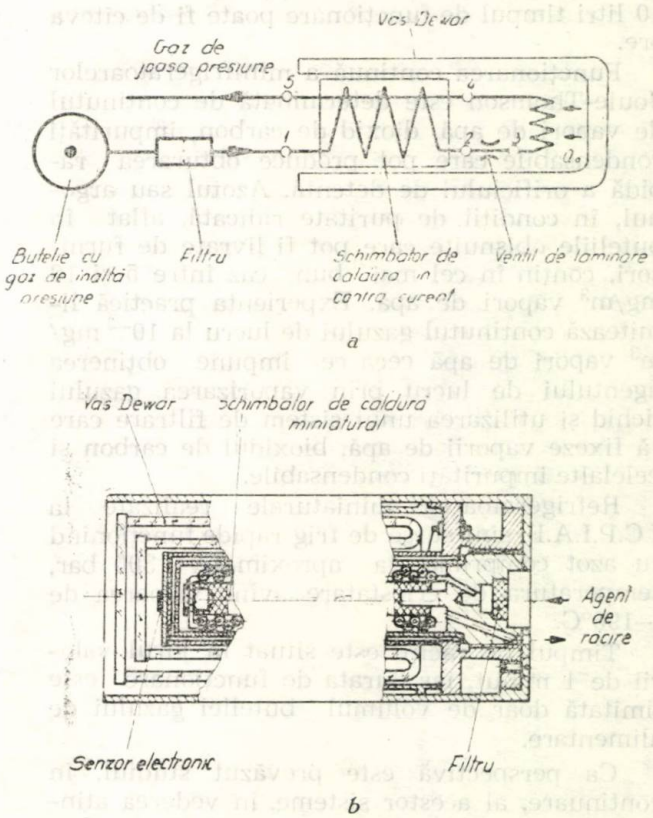


Fig. 1 Sistem de răcire miniatural Joule-Thomson.
a) schema principiului de funcționare ;
b) schema constructivă a minirefrigeratorului.

circulă în sens direct. Se realizează astfel un efect în lanț, temperatura gazului diminuîndu-se în mod gradat, pînă la o limită cînd excesul de energie pierdută de gaz nu mai conduce la răcire ci la lichefierea acestuia și obținerea, practic, a temperaturii de criostatare.

Timpul de răcire necesar unui minirefrigerator pentru atingerea temperaturii de lucru reprezintă un parametru deosebit de important și, datorită unei serii de considerente impuse de spectrul de aplicații, trebuie să fie cît mai scurt posibil.

În timpul perioadei de răcire toate părțile constituente ale refrigeratorului se răcesc pînă se atinge o distribuție staționară a temperaturii în sistem, întreaga putere frigorifică generată fiind folosită pentru răcirea refrigeratorului propriu-zis și a vasului dewar.

Testările și măsurările efectuate au pus în evidență reducerea duratei timpului de pornire cu creșterea presiunii inițiale a gazului din butelie și cu raportul suprafață/masă al schimbătorului de căldură capilar.

Autonomia, sau timpul de funcționare (cînd temperatura de criostatare, se menține constantă) depinde doar de presiunea inițială și volumul buteliei de alimentare; pentru butelii de 10 litri timpul de funcționare poate fi de cîteva ore.

Funcționarea continuă a minifrigeratoarelor Joule-Thomson este determinată de conținutul de vapori de apă, dioxid de carbon, impurități condensabile care pot produce obturarea rapidă a orificiului de detentă. Azotul sau argonul, în condiții de puritate ridicată, aflat în buteliile obișnuite care pot fi livrate de furnizori, conțin în cel mai bun caz între 5 și 10 mg/m^3 vapori de apă. Experiența practică limitează conținutul gazului de lucru la 10^{-3} mg/m^3 vapori de apă ceea ce impune obținerea agentului de lucru prin vaporizarea gazului lichid și utilizarea unui sistem de filtrare care să fixeze vaporii de apă, bioxidul de carbon și celelalte impurități condensabile.

Refrigeratoarele miniaturale realizate la I.C.P.I.A.F. sînt surse de frig rapide funcționînd cu azot comprimat la aproximativ 300 bar, temperatura de criostatare avînd valoarea de —196°C.

Timpul de răcire este situat în jurul valorii de 1 minut, iar durata de funcționare este limitată doar de volumul buteliei gazului de alimentare.

Ca perspectivă este prevăzut studiul, în continuare, al acestor sisteme, în vederea atingerii unor nivele de temperatură mai coborîte prin realizarea unor minirefrigeratoare funcționînd în două sau trei trepte. Într-un astfel de refrigerator în cascadă, efectul frigorific se obține prin expandarea Joule-Thomson a gazelor de înaltă presiune, la temperaturi mai coborîte decît temperatura de inversie a acestora. În sistemul prezentat în figura 2, azotul permite obținerea unei temperaturi de —196°C prerăcind hidrogenul, care în urma destinderii izentalpice se lichefiază furnizînd o temperatură de —253°C. Treapta finală de refrigerare este furnizată de heliu, care prerăcit la —253°C se lichefiază parțial generînd putere frigorifică la —269°C.

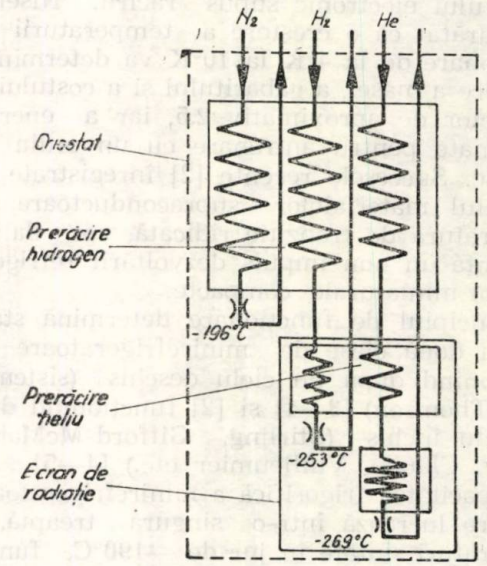


Fig. 2 Schema principiului de funcționare a minirefrigeratorului în trei trepte.

Din punct de vedere constructiv, aceste minirefrigeratoare pot fi realizate analog cu cele funcționînd într-o treaptă, schimbătoarele de căldură realizîndu-se din tuburi capilare nervurate plasate succesiv pe același suport. Buteliile cu gaz de alimentare de înaltă presiune pot fi înlocuite (cînd se urmărește o funcționare de lungă durată) cu niște compresoare cu membrană, gazele fiind recirculate în sistem.

Aceste sisteme de răcire prezintă o serie de avantaje, față de cele care funcționează avînd la bază alte metode de producere a unei capacități frigorifice : au un consum redus de agent frigorific, o fiabilitate ridicată determinată de lipsa pieselor în mișcare, nu induc zgomote suplimentare în senzorii electronici supuși răcirii, permit un control strict al temperaturii și se pretează la o miniaturizare externă.

Minirefrigeratoare criogenice funcționînd după un ciclu închis

În cazul refrigeratoarelor Joule-Thomson, agentul frigorific se consumă nemaiputînd fi utilizat, durata de funcționare depinzînd de cantitatea de gaz disponibilă. Într-un refrigerator funcționînd pe ciclu închis, agentul de lucru nu se consumă, permițînd o funcționare continuă de lungă durată.

Deși sînt cunoscute multe cicluri de răcire, doar cîteva dintre ele se pretează la miniaturizări, cea mai largă răspîndire prezentînd-o ciclurile Stirling și Gifford-McMahon, precum și cele derivate din acestea.

În plus, eficiența acestora este de două—trei ori mai ridicată decît în cazul celor de tip Joule-Thomson (care chiar în condițiile ideale reprezintă un proces ireversibil), iar condițiile de puritate impuse gazului de lucru nu sînt atît de restrictive ca în cazul minirefrigeratoarelor cu efect de laminare.

Începînd încă din anul 1950, au început să fie executate de către firma Philips din Olanda criogeneratoare funcționînd după ciclul Stirling (două izoterme, două izocore) inversat, ca surse de frig adînc (—200°C) sau de azot lichid.

Refrigeratoarele Stirling au în componență două seturi de pistoane și cilindri, un răcitor și un regenerator prin care gazul trece de la un cilindru la altul, înainte și înapoi. Un piston lucrează pe post de compresor, iar celălalt ca detentor. Agentul de lucru utilizat este heliul (mai rar se lucrează cu hidrogen).

Un criogenerator de dimensiuni reduse de acest tip a fost realizat în laboratorul de criogenie din institutul nostru, pentru răcirea unei incinte la o temperatură situată în jur de —90°C (conținînd diverse piese), ceea ce necesită o capacitate frigorifică de 50 W.

Figura 3 prezintă schematic caractersticile criogeneratorului nostru.

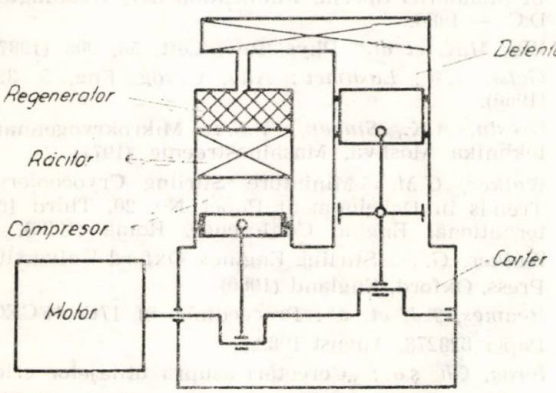


Fig. 3 Reprezentare schematică a minicriogeneratorului.

Compresorul și detentorul constituie părți distincte ale criogeneratorului, antrenate de un arbore cotit care determină mișcarea acestora cu un defazaj corespunzător ales pentru o mișcare armonică. Mișcarea celor două seturi de pistoane este facilitată de sisteme bielă — cap de cruce. Compresorul este alcătuit dintr-un cilindru din fontă și un piston dintr-un aliaj de aluminiu cu segmenți (de ghidare și etanșare) din fontă. Diametrul interior al cilindrului este de 48 mm, iar cursa de 23,8 mm. Căldura rezultată în urma compresiei gazului este preluată de un schimbător de căldură (răcitor) cu apă. Un element important al minicriogeneratorului este detentorul. Cilindrul și pistonul sînt din oțel inoxidabil. Segmenții sînt din fontă și textolit. Diametrul interior al cilindrului este de 40 mm, iar cursa pistonului de 20,4 mm.

Regeneratorul refrigeratorului este elementul critic, avînd o capacitate calorică și o masă mare, fiind alcătuit din discuri din sită de bronz fosforos cu masa unității de suprafață 0,29 kg/m^2 și porozitate 0,67.

Schimbul de căldură cu mediul exterior este asigurat de un sistem de fante echidistanțate, practicate într-un corp de cupru atît pe suprafața interioară cît și cea exterioară.

Pentru antrenare se utilizează un motor de 1500 W cu o turație de 940 rot/min.

Funcționarea criogeneratorului este în principiu simplă :

1 — gazul de lucru este comprimat la temperatura camerei, în spațiul de compresie, căldura rezultată este preluată prin intermediul schimbătorului de căldură de apă de răcire;

2 — gazul de lucru este transferat din spațiul de compresie în cel de detentă, prin regenerator unde căldura este stocată temporar ;

3 — expansiunea gazului de lucru are loc prin mișcarea simultană a pistonului compresor și a celui detentor, ceea ce determină coborîrea temperaturi în camera de răcire ;

4 — gazul de lucru este transferat înapoi în spațiul de compresie reabsorbind căldura înmagazinată în renegerator, după care ciclul reîncepe.

În realitate, însă, funcționarea criogeneratorului este ceva mai complicată. O primă analiză teoretică, mai apropiată de realitate, a fost efectuată de Schmidt [6], care ia în considerare modificarea sinusoidală a spațiului de compresie și detentă cu o diferență de fază constantă. Cum aproape toate refrigeratoarele Stirling utilizează un motor electric rotativ de antrenare, această analiză este mult mai apropiată de realitate. Analiza Schmidt ia în considerare efectul spațiului mort în regenarator și schimbătoare de căldură, dar presupune regenerarea, comprimarea și destinderea izotermă perfectă.

Recent, cu scopul de a simula mașini reale, s-au utilizat computere [7] pentru obținerea unor soluții numerice la modele mai complexe, care țin cont de regenerarea imperfectă precum și de comprimarea și destinderea — neideale. Dar din cauza insuficienței datelor experimentale, nu se poate verifica cît de mult se apropie aceste modele de cazuri reale. În general, se pare că analiza Schmidt, combinată cu o dimensionare corectă a regeneratorului și o bună evaluare a pierderilor hidraulice și termice, poate să conducă la rezultate la fel de realitate, ca și o analiză teoretică de ordin superior.

Calculul termodinamic și de dimensionare a minicriogeneratorului executat la I.C.P.I.A.F. s-a efectuat pe baza analizei Schmidt, parametrii independenți fiind aleși funcție de influența lor asupra eficienței frigorifice a mașinii și a unor considerente tehnologice.

Soluția constructivă pentru regenerator asigură un transfer de căldură redus pe direcția de curgere a gazului și foarte mare-perpendicular pe această direcție, și o relativă toleranță la contaminarea gazului de lucru ; impuritățile se condensează pe regenerator cînd gazul trece în detentor și dispar cînd sensul de curgere se schimbă.

Testările au avut ca scop determinarea temperaturii minime și a capacității frigorifice. Criogeneratorul a fost antrenat de un motor electric de curent alternativ. Pe capul de răcire a fost plasat un senzor al unui termometru electronic și o rezistență electrică de încălzire, după care acesta a fost închis într-o incintă care poate fi vidată.

Temperatura minimă obținută a fost —131°C la un vid în incintă de aproximativ 10^{-2} mbar, fiind în relația strictă cu nivelul de vacuum. Timpul de răcire a fost de aproximativ 30 minute.

Sarcina termică disipată la —110°C este de 48 W.

Testele preliminare au demonstrat că acest minirefrigerator poate atinge parametri superiori. Pentru optimizarea acestora și definitivarea soluției constructive sînt necesare unele modificări printre care :

1 — reducerea la minimum a tuturor spațiilor moarte, pentru ridicarea eficienței frigorifice și coborîrea temperaturii ;

2 — micșorarea grosimii peretelui cilindrului detentorului și a capului de răcire, utilizarea unor regeneratoare cu umplutură din plumb și a unor motoare electrice de turație mai ridicată, pentru mărirea capacității frigorifice și reducerea timpului de răcire ;

3 — coborîrea nivelului de vid pînă la 10^{-6} mbar pentru reducerea pătrunderilor de căldură din exterior și estimarea corectă a capacității frigorifice.

Cu aceste îmbunătățiri, minicriogeneratorul I.C.P.I.A.F. va deveni o sursă rapidă și ieftină de frig adînc pentru laboratoarele cu preocupări în domeniul temperaturilor joase. Se preconizează obținerea unei capacități frigorifice de 50 W, la o temperatură de aproximativ —200 C.

Preocupările laboratorului de criogenie în domenul sistemelor criogenice miniaturale continuă prin realizarea unui refrigerator funcționînd pe baza ciclului Giffrod-McMahon, în două trepte, la care compresorul și expandorul constituie unități separate. Testările și măsurările asupra refrigeratorului Gifford-McMahon sînt în plină desfășurare și vor fi subiectul unei alte lucrări.

Analiza datelor experimentale și experiența dobîndită în acest domeniu demonstrează fezabilitatea sistemelor criogenice miniaturale, un rol important avîndu-l rezolvarea problemelor ridicate de etanșare, în condițiile unor piese în mișcare la temperaturi joase —(200°C), ca și de relația de concordanță între coeficienții de dilatare ai pieselor adiacente din materiale diferite și conductibilitățile lor termice, pentru diminuarea sau intensificarea transferului de căldură.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Nisenoff, M.* : Current Status of High Temperature Josephson Device Technology Refrigeration for Cryogenic Sensors and Electronic Systems (eds. J. Zimmerman et al) pp. 195—209, Nat. Bur. of Standards Special Publication 607, Washington D.C .— 1986.

[2] *Wu, M.K. et al.* : Phys. Rev. Lett. 58, 908 (1987).

[3] *Geist, J.M., Lashmet* : Adv. Cryog. Eng. 5. 324 (1960).

[4] *Gresin, A.K., Sinoev, V.S.* : Mikrokryogennaia tekhnika Moskva, Mashinostroenie (1977).

[5] *Walker, G.M.* : Miniature Stirling Cryocoolers : Trends in Development Paper No. 20, Third International Engine Conference, Roma (1986),

[6] *Walker, G.* : Stirling Engines. Oxford University Press, Oxford, England (1980).

[7] *Heames, T.J. et. al* : Proceedings of 17th IECEC, Paper 828278, August 1982.

[8] *Iorga, Gh. ș.a.* : „Cercetări asupra utilajelor criogenice I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca, contract 60/81.

CZ : 621.57 : 621.59 : 66.046.33

Contribuții la realizarea instalațiilor de lichefiat heliu

Ing. Gheorghe **IORGA**, fiz. Iosif **DEAC**, subing. Ioan **VASINCA** — I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca

Introducere

Implementarea tehnicii moderne și dezvoltarea tehnologiilor neconvenționale reclamă tot mai strigent utilizarea frigului adînc, ca element determinant în procese, precum și a tehnicilor conexe acestuia, respectiv vid înaintat,

izolații termice de înaltă eficiență etc.

În scopul desemnării distincte a nivelului de temperatură a acestui frig adînc, s-a convenit ca domeniul de temperatură sub 120 °K să fie cunoscut sub genericul de criogenie, deci referirile în continuare se vor face la utilaje și instalații lucrînd la temperaturi criogenice.

Utilizarea criogeniei se poate face pe două căi distincte :

1. prin utilizarea refrigerării, respectiv extragerea unei sarcini termice fără schimbare de fază a agentului de răcire ;

2. prin utilizarea răcirii cu ajutorul unui agent încubînd schimbare de fază.

Din acest motiv se vor deosebi instalații de refrigerare și respectiv instalații de lichefiere.

Nivelul de temperatură coborît reclamă și fluide de lucru (agenți de lucru) cu puncte de fierbere coborîte, pentru a preveni lichefieri sau solidificări nedorite în proces.

Tabelul 1

Agent	Temperatura normală de fierbere [°K]
Oxigen	90,2
Azot	77,3
Aer	78,8
Argon	87,3
Neon	27,3
Hidrogen	20,3
Heliu	4,2

Din aceste considerente, fluidele de lucru în procesele criogenice sînt argon, oxigen, azot, aer, hidrogen, neon, heliu etc., utilizarea unuia sau altuia dintre aceste gaze ținînd seamă, printre altele, și de nivelul minim de temperatură atins în proces. În tabelul 1 sînt ilustrate temperaturile normale de fierbere a cîtorva din gazele uzual folosite.

Nivelul minim de temperatură solicitat la utilizare, determină și domeniul de aplicare, ceea ce explică și aria largă în care criogenia este implicată. Așa se face că începînd cu utilizarea fluidelor criogenice, la stocarea și conservarea țesuturilor vii (plasmă, material seminal), la tratamente termice speciale și pînă la simulatoarele spațiale, computere utrarapide și propulsia rachetelor, practic nu este domeniu în care criogenia să nu-și facă simțită prezența.

În cadrul celor două sisteme de răcire menționate, instalațiile de lichefiere prezintă de departe o răspîndire mult mai mare, datorită necesității efectuării proceselor criogenice prin intermediul lichidelor criogenice.

Evident, obținerea lichidului criogenic comportă complicații în plus față de refrigerare, respectiv costuri suplimentare ale instalațiilor. Din acest motiv, alegenea ciclului de lucru al unei instalații destinate obținerii unui fluid criogenic trebuie să țină cont de o serie de factori precum fiabilitatea, siguranța în exploatare, control și întreținere ușoară, etc. și, nu în ultimul rînd, costul instalației și al exploatarii sale.

Acest ultim aspect se poate evidenția mai bine reamintind unele considerații termodinamice.

Se știe că pentru aprecierea perfecțiunii termodinamice a unei instalații, ciclul acesteia se raportează la un ciclu Carnot, desfășurat între aceleași limite de temperatură, aceasta din urmă comportînd cel mai mic consum de lucru mecanic.

Considerînd o instalație criogenică destinată lichefierii unui fluid la temperatura T_0 și avînd ca mediu de evacuare a căldurii, de pildă, apa de răcire cu temperatură $T_1 = 303$ °K și presupunînd funcționarea acesteia după ciclul Car-

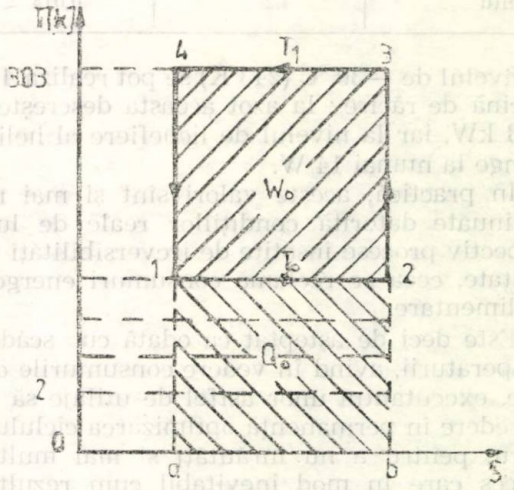


Fig. 1

not, între cele două limite de temperatură, în figura 1 se pot defini cîteva mărimi intuitive pentru cele expuse în continuare.

Porțiunea cuprinsă în conturul 1—2—a—b reprezintă sarcina Q, extrasă la nivelul de temperatură T_0 din fluidul supus lichefierii. Lucrul mecanic consumat pentru efectuarea ciclului este reprezentat de aria 1—2—3—4. În acest mod căldura cedată sursei de temperatură T_1 va fi din primul principiul al termodinamicii :

$$Q_1 = Q_0 + W$$

În acest mod aria cuprinsă în porțiunea a—b—3—4 reprezintă căldura evacuată la temperatura T_1.

Se observă că $\frac{Q_0}{W} = \frac{T_0}{T_1 - T_0} = \beta$, care constituie coeficientul de performanță al instalației.

Relația de mai sus ne dă astfel coeficientul maxim de performanță, respectiv lucrul mecanic minim necesar. Considerînd cîteva cazuri concrete de lichefiere, în tabelul 2 este evidențiat coeficientul β_{max} pentru cîteva fluide lichefiate.

Descreșterea rapidă a coeficientului de performanță cu scăderea temperaturii de fierbere înseamnă implicit creșterea rapidă a consumului energetic necesar pentru efectuarea răcirii. Considerînd un consum de 1 kW, observăm că

Tabelul 2

Fluidul	Temperatura normală de fierbere [°K]	Coeficient de performanță β max.
Freon — 12	243	4,05
Etilenă	169	1,26
Azot	77	0,34
Hidrogen	20,4	0,072
Heliu	4,2	0,014

la nivelul de —30 °C (243 K) se pot realiza 4 kW sarcină de răcire ; la azot aceasta descrește la 1/33 kW, iar la nivelul de lichefiere al heliului ajunge la numai 14 W.

În practică, aceste valori sînt și mai mult diminuate datorită condițiilor reale de lucru, respectiv procese însoțite de ireversibilități pronunțate, ceea ce reclamă consumuri energetice suplimentare.

Este deci de așteptat ca odată cu scăderea temperaturii, avînd în vedere consumurile crescute, executantul unor astfel de utilaje să aibă în vedere în permanență optimizarea ciclului de lucru, pentru a nu înrăutăți și mai mult un proces care în mod inevitabil cum rezultă și din tabelul 2, devine mai costisitor cu scăderea temperaturii.

În rîndul fluidelor criogenice, un loc aparte îi revine heliului. Avînd cea mai scăzută temperatură normală de fierbere, respectiv 4,2 K, heliul are utilizări multiple de mare importanță atît sub aspect teoretic cît și practic, are o serie de proprietăți deosebite, dar și o serie de particularități care-l fac deosebit de dificil de condensat și păstrat. Dacă în ceea ce privește păstrarea aceasta este relativ mai ușor de realizat, prin execuția unor containere sau criostate cu o izolație termică deosebită, în ceea ce privește condensarea (lichefierea) aceasta necesită un aranjament deosebit al instalației și precauții extreme.

Explicația rezidă în aceea că temperatura sa de inversiune (adică temperatura de la care un gaz aflat la o anumită presiune, prin laminare într-un ventil, scăderea presiunii este însoțită de scăderea temperaturii) este de aproximativ 40 K, ceea ce necesită prerăcirea din exterior pînă la această temperatură a gazului înainte de expandarea sa pe un ventil de laminare. Procesul de laminare încheie, în mod obișnuit, circuitul de lichefiere a unui gaz, deoarece obținerea amestecului bifazic gaz + lichid (acesta fiind produsul urmărit), prin alt tip de detentă — de pildă într-o turbină sau detentor clasic — sau ar fi foarte complicat, sau ar periclita integritatea fizică a utilajului; din acest punct de vedere, un ventil de laminare (sau Joule-Thomson cum este denumit în mod obișnuit) oferă avantajul simplității constructive și al absenței pieselor în mișcare.

Pentru obținerea însă a unui efect semnificativ de răcire a heliului expandat în ventilul de laminare, este necesar ca acesta să fie prerăcit pînă la circa 20 K, adică deja o temperatură foarte joasă.

Spre comparație, să menționăm că hidrogenul de pildă — următorul gaz pe scala temperaturilor normale de fierbere, după heliu — are o temperatură de inversiune de 204 K, evident mult mai ușor de realizat chiar și cu o instalație de frig clasic și deci cu mult mai puține complicații.

Evident că posibilitățile de realizare a unei temperaturi de prerăcire atît de coborîte nu sînt prea numeroase și implică o purificare riguroasă a heliului, la această temperatură (cele mai multe gaze ce l-ar impurifica azot, argon, aer, solidificîndu-se și blocînd circuitul), schimbătoare de căldură de mare eficiență pentru transfer termic cu diferențe în temperatură pînă la 1 K, izolații termice speciale pentru șuntarea fluxurilor de căldură prin oricare din cele trei căi posibile (conducție, convecție, radiație) și nu în ultimul rînd alegerea unor materiale compatibile cu temperaturile criogenice.

Neglijarea sau minimalizarea importanței oricăruia dintre acești factori sau compromite instalația, sau o face inacceptabil de costisitoare.

Tipuri reprezentative de lichefactori de heliu pe plan mondial

Instalațiile de lichefiat heliu nu au o prea mare diversitate de configurații și aceasta deoarece ca principii generale trebuie respectate următoarele :

1 — asigurarea unei secțiuni de comprimare a heliului în circuitul de lichefiere.

2 — purificarea heliului vehiculat de compresoare într-un sistem de purificare, de regulă la nivelul azotului lichid ;

3 — asigurarea unui sistem de răcire exterioară destinat prerăcirii heliului comprimat și a unei succesiuni de schimbătoare recuperative pentru recuperarea de entalpie a vaporilor reci ;

4 — destinderea heliului prerăcit pe un ventil J—T (Joule-Thomson), separarea ameste-

cului bifazic obținut și returnarea vaporilor reci în contracurent, prin schimbătoarele de căldură recuperative la aspirația secțiunii de comprimare.

Diferențierea constructivă a instalațiilor de lichefiat heliu este dată de modul cum sînt soluționate principiile de mai sus, aceasta fiind în funcție de disponibilitățile fiecărui executant de instalații și mai ales de experiența și dotarea tehnologică.

Din punctul de vedere al secțiunii de comprimare se întîlnesc două situații :

a) comprimare la valori relativ ridicate ale presiunii finale, respectiv 25—35 bar ;

b) comprimare la valori joase ale presiunii finale, respectiv 5—8 bar.

În ceea ce privește sistemul de prerăcire a heliului comprimat (așa — numita asigurare criogenică), acesta poate fi realizat fie prin dispunerea unor băi de prerăcire în succesiune azot-hidrogen lichid, cu pomparea vaporilor, și în care se dispune un schimbător de căldură prin care circulă heliu, fie prin intermediul unor schimbătoare de căldură gaz-gaz, în care sursa mai rece este independentă sau, dimpotrivă, din fluxul de heliu comprimat o parte este destinată într-un detentor cu efectuarea de lucru mecanic, în condiții adiabatice, gazul astfel răcit fiind returnat în contracurent cu fracțiunea rămasă de înaltă presiune și coborîndu-i astfel temperatura.

Tipul de detentor utilizat dă și natura secțiunii de comprimare. Astfel, utilizarea turbodetentoarelor (turbine) necesită gaz la presiuni joase 5—8 bar, în timp ce utilizarea detentoarelor cu piston implică un nivel de presiune ridicat, 25—35 bar, pentru asigurarea unui randament corespunzător al detentorului. Cu titlu informativ menționăm că, în general, turbodetentoarele sînt utilizate în instalațiile mari lichefiere, în timp ce detentoarele cu piston sînt îndeobște folosite în instalații mici și mijlocii.

În figura 2 este redată schema unei instalații cu băi de prerăcire.

Din punct de vedere funcțional, o astfel de instalație se dovedește foarte practică lichefierea heliului fiind asigurată (de altfel prima lichefiere a heliului de către Kammerlingh-Onnes în 1908 fiind efectuată cu o instalație de acest gen), dar prezintă dezavantajul existenței celor două fluide criogenice cu toate complicațiile de rigoare, mai ales în cazul hidrogenului a cărui variație de căldură specifică complică construcția schimbătoarelor de căldură, iar inflamabilitatea sa ridicată necesită o serie de precauții în exploatare.

În figura 3 este ilustrată schema unei instalații de lichefiere utilizînd două trepte de prerăcire cu expandarea gazului pe două mașini de detentă.

Aceste instalații au avantajul că elimină băile de prerăcire și consumul suplimentar al celor două lichide criogenice și reduc dimensiunile instalației.

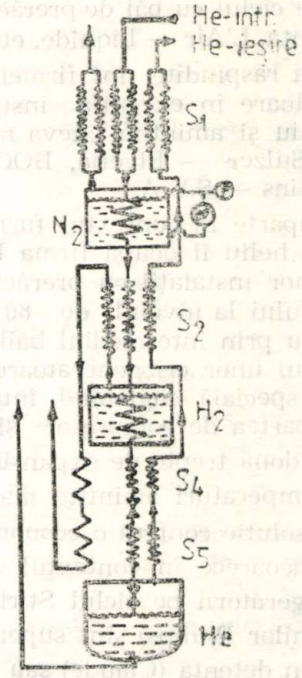


Fig. 2

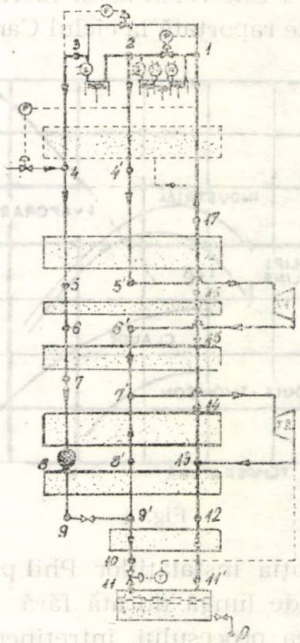


Fig. 3

Ca dezavantaje putem cita complicațiile introduse de existența pieselor în mișcare la mașinile de detentă, tehnologiile mai sofisticate (și mai costisitoare) legate de execuția schimbătoarelor de căldură gaz-gaz, a căror perfecțiune depinde fezabilitatea procesului, precum și con-

sumul energetic sporit datorită comprimării fracțiunii expandate pe mașina de detentă și care nu ia parte la procesul de lichefiere efectiv.

Dintre firmele care promovează instalații de lichefiere pe ciclul cu băi de prerăcire, amintim TBT — Franța, L'Air — Liquide, etc.

Mult mai răspîndite sînt firmele care utilizează detentoare în execuția instalațiilor de lichefiat heliu și amintim cîteva nume : Linde — R.F.G., Sulzer — Elveția, BOC — Anglia, RDL — Collins — S.U.A.

Un loc aparte în contextul furnizorilor de instalații de heliu îl ocupă firma Philips, promotoarea unor instalații cu prerăcire independentă a heliului la nivelul de 80 și respectiv 15 K, dar nu prin intermediul băilor de răcire ci cu ajutorul unor criogeneratoare (mașini de construcție specială înglobînd într-un singur cilindru și partea de compresor și aceea de detentă), în două trepte de expansiune la nivelurile de temperaturi amintite mai sus.

Această soluție conferă o economicitate netă instalației, deoarece în contextul ciclurilor de răcire, refrigeratorii pe ciclul Stirling inversat (ciclul mașinilor Philips) sînt superiori refrigeratorilor prin detentă (Claude) sau cu laminare (Joule-Thomson).

În figura 4 este redat acest lucru ca eficiență în procente raportată la ciclul Carnot.

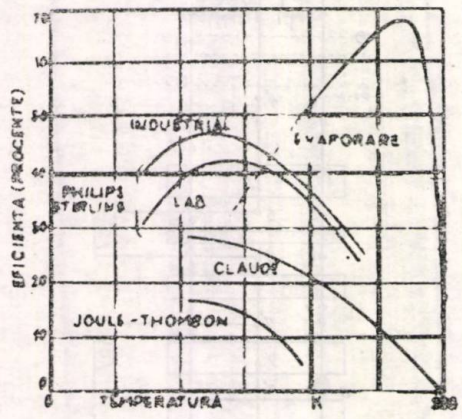


Fig. 4

Configurația instalațiilor Philips permite o funcționare de lungă durată fără întreruperi, automatizarea procesului, întreținere ușoară în condițiile unei economctăți sporite — după cum am menționat.

Dificultățile realizării unor astfel de instalații constă însă în construcția relativ complicată a criogeneratoarelor, pentru a se asigura nivelurile corecte de temperatură și menținerea lor riguroasă.

Situația lichefactorilor de heliu în țară

Abordarea domeniului criogenic, în ceea ce privește execuția utilajelor criogenice, datează la noi de circa un deceniu, punctul de pornire constituindu-l realizarea unei prime instalații de lichefiat azot pe ciclul Stirling-Philips, la I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca.

Experiența acumulată în execuția acestor instalații și considerentele energetice prezentate mai sus au fost elementele care au determinat varianta constructivă a primei instalații autohtone de lichefiat heliu, executată tot la I.C.P.I.A.F., în concepție proprie, instalație aflată actualmente în curs de finalizare prin efectuarea de teste și măsurări atît pe subansamble cît și pe întreaga instalație. Schema acestei instalații este prezentată în figura 5.

Componența instalației este următoarea : un grup de comprimare **1** în trei trepte care asigură o presiune de refulare la ultima treaptă de 25—30 bar, o baterie de purificare **2** formată din două trape lucrînd alternativ, două criogeneratoare 3 în două trepte cu expandare la 80 K și 25 K, pentru prerăcirea heliului comprimat, un criostat **4** în care sînt înglobate schimbătoarele de căldură recuperative **Si** și mașina de detentă **D**, containerul de stocare **6**, vasul tampon de presiune constantă **7.**

Această configurație ține cont de posibilitățile execuției instalației, în exclusivitate cu elemente indigene, ceea ce explică reunirea prerăcirii cu ajutorul criogeneratoarelor pe ciclul Stirling-Philips, cu utilizarea unei mașini de detentă cu piston pentru realizarea unei răciri suplimentare. Avantajul unui astfel de aranjament rezidă în acceptarea unui nivel mai ridicat de temperatură, la treapta 2 a criogeneratorului (25K în loc de 15 K), cu posibilitatea folosirii astfel a unor materiale existente, execuția unor schimbătoare de căldură de suprafață mai mică și, de asemenea, din materiale existente, precum și mărirea ciclului de lucru între două opriri succesive prin compensarea pierderilor de frig, care în mod inevitabil cresc în timpul funcționării instalației. Capacitatea nominală a instalației este de 9 l/h în condiții standard de funcționare.

Măsurările efectuate pe criogeneratoare au evidențiat, atît pentru temperaturi cît și pentru sarcinile termice la cele două trepte, o bună corelare cu valorile prevăzute la proiectare, determinînd omologarea lor ca elemente de sine stătătoare, cu posibilitatea folosirii și în alte domenii precum criopompare, NHR, separări de gaze, detecție în infraroșu etc.

Mașina de detentă este de tipul cu piston, monocilindrică și este destinată expandării a circa 58% din debitul orar de gaz vehiculat, cu posibilitatea varierii acestui raport, și cu o temperatură la finele expansiunii adiabatice de

13—16 K. Ungerea pistonului detentor este gazodinamică, ca de altfel și menținerea coaxialității în cilindru, toleranțele ansamblului piston-cilindru fiind de 2,5 μ m. Schimbătoarele de căldură sînt de tip Linde, țeavă în

furnizării unor date practice, respectiv formării unor colective pentru proiectarea instalațiilor ulterioare, precum și testarea unor elemente (compresoare, armături etc.) adaptate din alte domenii.

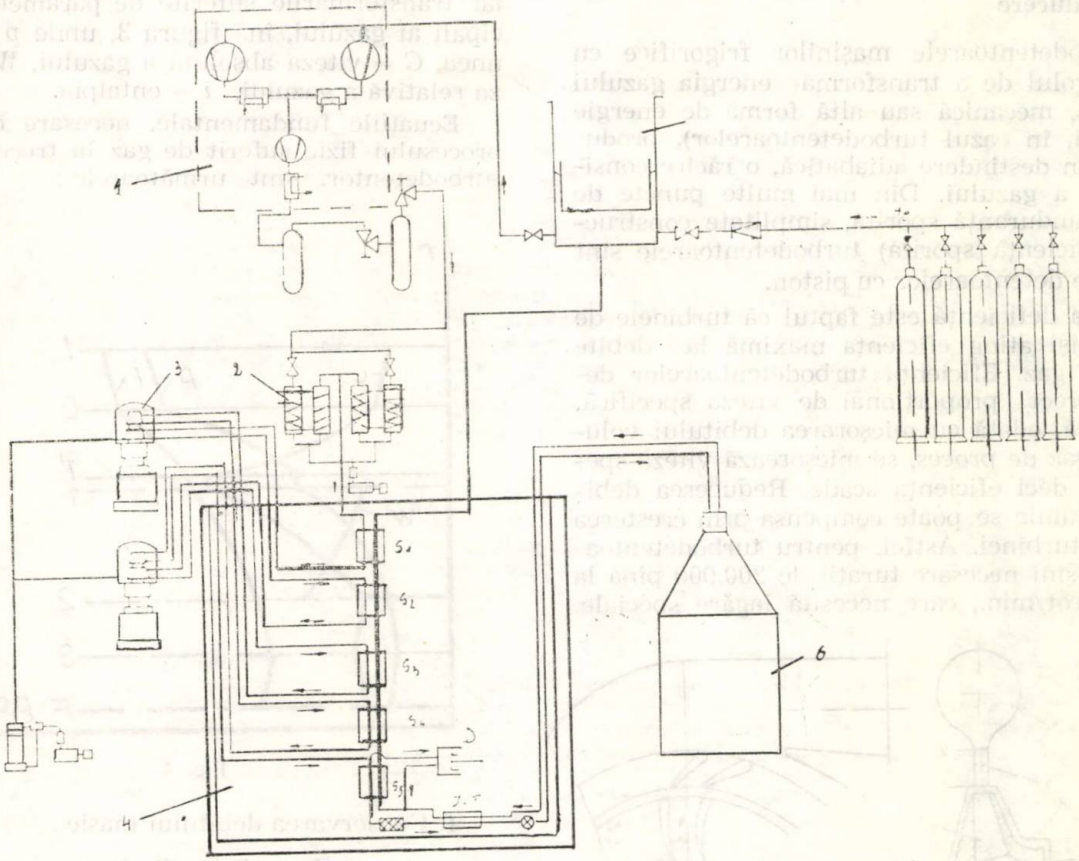


Fig. 5

țeavă, cu circulația heliului de înaltă presiune prin trei țevi de cupru nervurate în exterior, spălate pe această parte de fluxul revers de heliu de joasă presiune. Blocul de schimbătoare descris este completat cu un schimbător final H—T incluzînd și ventilul cu același nume. Containerul de stocare heliu este de tipul cu superizolație înalt vidată și gardă de azot lichid.

Întreaga construcție și facilitățile tehnologice introduse au avut în vedere, în primul rînd, economicitatea și siguranța în exploatare a instalației.

Echiparea cu senzori de temperatură, presiune, traductoare de nivel și debit, calorimetrizarea anumitor etape etc., va permite o investigare completă a întregii instalații, în scopul

Se urmărește, de asemenea, optimizarea subansamblelor instalației, în ideea dezvoltării unei game lărgite de astfel de instalații care să răspundă cerințelor moderne de funcționare, atît pentru scopuri de laborator, cît și industriale, în condițiile creșterii randamentului global și ale unei competitivități sporite.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Haselden, G.G.:* Cryogenic fundamentals, Academic Press, 1971.

[2] *Barron, R.:* Cryogenic systems. McGraw-Hill Book Company, 1966.

[3] *Hands, G.:* Cryogenic Engineering — Oxford, 1986.

[4] *Iorga, Gh., Deac, I., Vasinca, I.:* Contract utilaje criogenice 60/81 între I.C.P.E. București și I.C. P.I.A.F. Cluj-Napoca.

CZ : 621.438 : 621.59 : 66.046.33

Optimizarea turbodetentoarelor radiale

Ing. Zene **MIRON**, ing. Gheorghe **IORGA** — I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca

Introducere

Turbodetentoarele maşinilor frigorifice cu gaz au rolul de a transforma energia gazului de lucru, mecanică sau altă formă de energie (electrică, în cazul turbodetentoarelor), producînd, prin destindere adiabatică, o răcire considerabilă a gazului. Din mai multe puncte de vedere (anduranţă sporită, simplitate constructivă, eficienţă sporită) turbodetentoarele sînt preferate detentoarelor cu piston.

Unica deficienţă este faptul că turbinele de detentă îşi ating eficienţa maximă la debite mari de gaz. Eficienţa turbodetentoarelor depinde direct proporţional de viteza specifică, pentru că, odată cu micşorarea debitului volumic de gaz de proces, se micşorează viteza specifică şi deci eficienţa scade. Reducerea debitului volumic se poate compensa prin creşterea turaţiei turbinei. Astfel, pentru turbodetentoare mici, sînt necesare turaţii de 200.000 pînă la 600.000 rot/min., care necesită lagăre speciale.

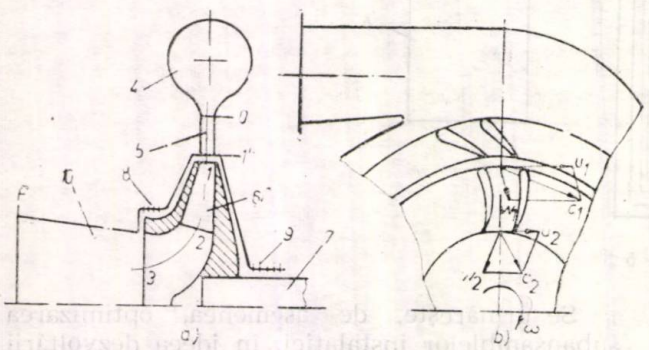


Fig. 1

În figura 1 este prezentată o secţiune longitudinală şi una transversală printr-o treaptă de turbină radială cu reacţie. Elementele treptei sînt : secţiunea de intrare **4**, aparatul director **5**, rotorul **6**, arborele **7**, labirinţii de etanşare **8** şi **9**, secţiunea de ieşire **10**. Transformările cinematice ale gazului suferite la trecerea prin turbodetentor sînt prezentate în figura 2,

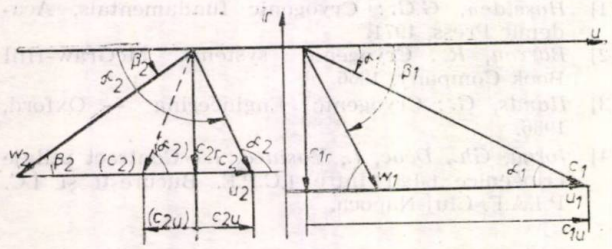


Fig. 2

iar transformările suferite de parametrii principali ai gazului, în figura 3, unde p = presiunea, C = viteza absolută a gazului, W = viteza relativă a gazului, i = entalpia.

Ecuaţiile fundamentale, necesare descrierii procesului fizic suferit de gaz la trecerea prin turbodetentor, sînt următoarele :

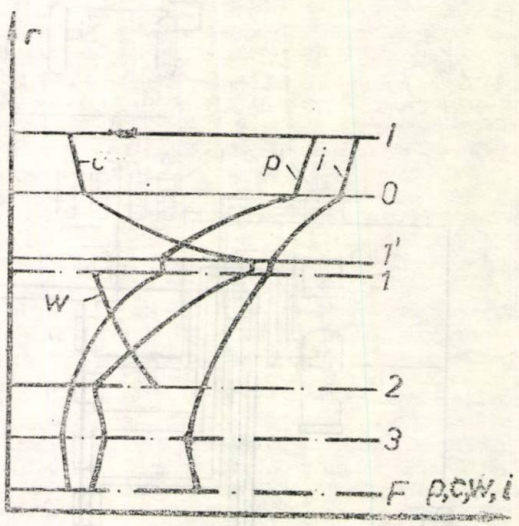


Fig. 3

1. Conservarea debitului masic

$$G = \pi D_i b_i \tau_i C_i \sin \alpha_i \rho_i \qquad (1)$$

unde :

$\tau_i = 1 - \delta_i Z_i / \pi D_i \sin \beta_i$ — este coeficientul de obturare al secţiunii (i) ;

Z_i = numărul de palete ale turbinei în secţiunea (i);

δ_i = grosimea bordului paletei;

D_i = diametrul secţiunii (i);

b_i = înălţimea paletei în secţiunea (i);

C_i = viteza absolută a gazului;

ρ_i = densitatea gazului;

α_i = unghiul dintre viteza absolută şi viteza tangenţială a rotorului;

i este indicele de secţiune : $i = 0, 1, 2, 3$ (fig. 1).

2. Conservarea momentului cinetic este legată de variaţia momentului cinetic al fluxului de gaz, la trecerea acestuia prin rotor. După cum rezultă din figurile 1 şi 2, expresia legii de conservare a momentului cinetic este :

$$M = G(r_1 C_{1u} - r_2 C_{2u}) \qquad (2)$$

Înmulţind ambii membri ai ecuaţiei de mai sus cu viteza unghiulară a rotorului, obţinem

expresia lucrului mecanic efectuat de gaz asupra rotorului :

$$l_E = u_1 C_1 \cos\alpha_1 + u_2 C_2 \cos\alpha_2 \qquad (3)$$

3. Conservarea energiei

$$l_E = i_I - i_F + \frac{1}{2}(C_i^2 - C_F^2) + Q_{ext} \qquad (4)$$

unde i_I și i_F sînt entalpiile gazului în secțiunea de intrare respectiv de ieșire, C_i și C_F vitezele absolute respective, iar Q_{ext} — reprezintă aportul de energie din exterior. În cazul unui proces adiabatic ideal $Q_{ext} = 0$. În acest caz, dacă ținem cont și de faptul că

$C_i^2 \approx C_F^2$, obținem :

$$l_E = i_t - i_F = h \qquad (5)$$

Această ecuație exprimă faptul că puterea frigorifică a unei turbine izolate este egală cu lucrul mecanic specific.

Relații generale de calcul pentru optimizare

Expresia generală a randamentului adiabatic al unui turbotentor este [1] :

$$\eta_{ad} = 1 - \frac{\Sigma \Delta h}{h_0} \qquad (6)$$

unde $\Sigma \Delta h$ — reprezintă suma pierderilor de entalpie, iar h_0 = variația teoretică (adiabatică) de entalpie între secțiunile de intrare (0) și ieșire (3) din turbodetentor

Pierderile de entalpie sînt reprezentate în figura 4, unde s-au notat Δh_{ad} = pierderile în aparatul director, Δh_{rt} = pierderea în rotorul turbinei, h_F — pierderea în secțiunea de ieșire, $\Delta h_{f.d}$ = pierderea prin frecarea discului.

Metoda de calcul constă în găsirea unor expresii pentru pierderile de entalpie în turbină, care să fie funcții de o singură variabilă și de cîțiva parametri constructivi. Se impune în plus, condiția ca această variabilă să fie accesibilă experimental, pentru a putea compara rezultatele experimentale cu cele calculate. Variabila aleasă este :

$$x_0 = \frac{u_1}{C_0}; \quad C_0 = 91{,}5\sqrt{h_0}$$

unde :

u_1 = viteza periferică a rotorului în secțiunea 1;
C_0 = viteza adiabatică a gazului;
h_0 = variația totală de entalpie în [kcal/kg].

Intervenția noastră este de a găsi expresia $\eta_{ad} = f(x_0)$. În acest scop observăm că între $x = u_1/C_1$ și x_0 există relația :

$$x = \frac{x_0}{\varphi\sqrt{1-\rho}}$$

unde :

$\varphi = \frac{C_1}{C_{1t}}$ este coeficientul de viteză în aparatul director;

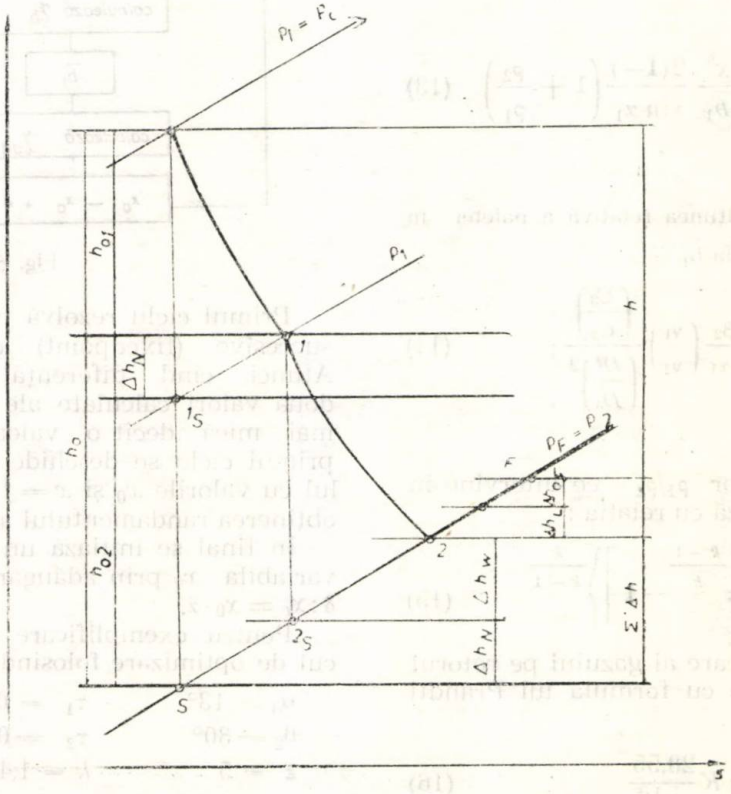


Fig. 4

$\rho = \frac{h_{02}}{h_0}$ este gradul de reacție al turbinei.

Expresia pentru ρ este [2]

$$1-\rho = \frac{1}{1+\varphi^2\left[2x\cos\alpha_1 - 1 + \mu^2 x^2\left(\frac{1}{\psi^2\cos^2\beta_2} - 1\right)\right]}$$

unde :

$$\mu = \frac{D_2}{D_1} \text{ și } \psi = \frac{w_2}{w_{2t}} \simeq 0{,}75 + 0{,}12x$$

Dăm în continuare expresiile obținute pentru pierderile relative în turbodetentor.

a) Pierderile relative în aparatul director :

$$\frac{\Delta h_{ad}}{h_0} = \frac{(1-\varphi^2)h_{01}}{h_0} = (1-\varphi^2)(1-\rho) \quad (10)$$

b) Pierderile relative în rotorul turbinei :

$$\frac{\Delta h_{rt}}{h_0} = \left(\frac{1}{\psi^2} - 1\right)\frac{\mu^2 x_2^0}{\cos^2\beta_2} \text{ pentru } \alpha_2 = 90^0 \quad (11)$$

c) Pierderile în secțiunea de ieșire :

$$\frac{\Delta h_f}{h_0} = \mu^2 x_0^2 \operatorname{tg}^2\beta_2 \quad (12)$$

d) Pierderile prin frecarea discului și ventilația paletelor :

$$\frac{\Delta h_{f.d}}{h_0} \frac{75\cdot 10^{-6} g\beta_f}{\pi\tau_1} \frac{x^3}{\bar{b}_1} \frac{2(1-)}{\sin\alpha_1}\left(1 + \frac{\rho_2}{\rho_1}\right) \quad (13)$$

unde :

$\bar{b}_1 = \frac{b_1}{D_1}$ este înălțimea relativă a paletei în secțiunea (1) și are expresia $b_1 =$

$$\bar{b}_1 = \frac{\mu^3 x \operatorname{tg}\beta_2}{4\tau_1 \sin\alpha_1}\left(\frac{\nu_1}{\nu_2}\right)\frac{\left(\frac{C_3}{C_2}\right)}{\left(\frac{D^2}{D_3}\right)^2}; \quad (14)$$

ν = volumul specific.

Raportul densităților ρ_1/ρ_2 ce intervine în relația (13) se calculează cu relația :

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \left\{1 + \rho\left[\varepsilon^{\frac{k-1}{k}} - 1\right]\right\}^{\frac{k}{k-1}} \quad (15)$$

Coeficientul de frecare al gazului pe rotorul turbinei se estimează cu formula lui Prandtl [2] :

$$\beta_f = K\frac{28{,}55}{R_e^{1/5}} \quad (16)$$

unde :

$K = 3$ pentru rotoare închise;
$K = 4$ pentru rotoare semiînchise ;
$R_e =$ numărul Reynolds și are expresia

$R_e = \frac{u_1 D_1}{\nu_1}$ unde $\nu_1 = \frac{\mu_1}{\rho_1}$ este vîscozitatea cinematică a gazului.

Algoritmul de calcul și rezultate

Succesiunea operațiilor este prezentată în figura 5.

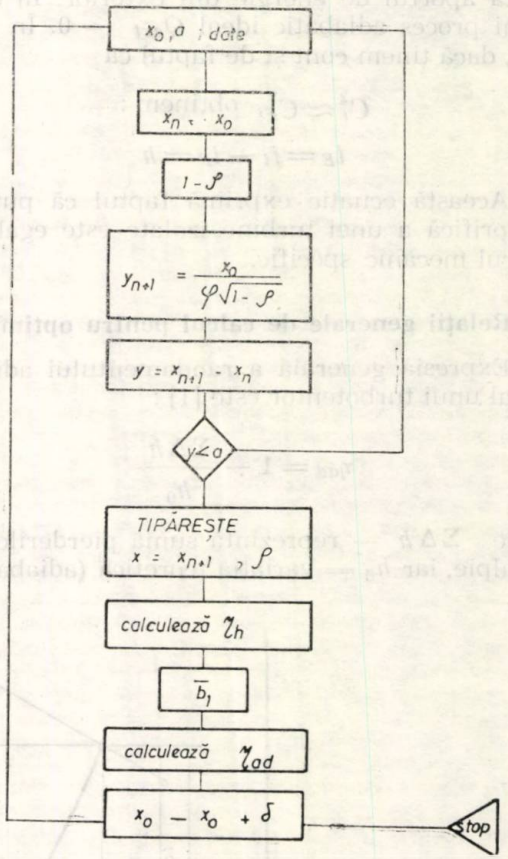


Fig. 5

Primul ciclu rezolvă prin metoda iterațiilor succesive (fixedpoint) ecuația implică (8). Atunci cînd diferența $y = x_{n+1} - x_n$ dintre două valori calculate ale variabilei x devine mai mică decît o valoare prefixată $a \sim 10^{-3}$, primul ciclu se deschide și se continuă calculul cu valorile x_0 și $x = f(x_0)$ obținute pînă la obținerea randamentului adiabatic $\eta_{ad} = \eta_{ad}(x_0)$.

În final se inițiază un nou ciclu redefinind variabila x_0 prin adăugarea unui pas de iterare $\delta : x_0 = x_0 \cdot \alpha$.

Pentru exemplificare am efectuat un calcul de optimizare folosind următorii parametri:

$\alpha_1 = 13^\circ$	$\tau_1 = 0{,}85$	$C_3/C_2 = 1{,}05$
$\beta_2 = 30^\circ$	$\tau_2 = 0{,}9$	$D_2/D_3 = 1{,}1$
$\varepsilon = 5$	$k = 1{,}41$	$\beta_{fd} = 4{,}5$
$\varphi = 0{,}92$		

Rezultatele obținute sînt reprezentate în figura 6.

Concluzii

Algoritmul prezentat se remarcă prin simplitate și descrie destul de bine procesele suferite de gaz la trecerea prin turbodetentor. Cu ajutorul acestei metode, se poate studia relativ ușor influența pe care o au diferiți parametri constructivi asupra randamentului adiabatic al turbodetentorului.

Un exemplu este reprezenat în figura 6, unde s-a studiat influența lungimii paletelor asupra randamentului adiabatic. Randamentul maxim se obține pentru $\mu \simeq 0{,}5$ și corespunde valorii $x_0 = 0{,}5$ pentru care $\eta_{ad} = 0{,}775$.

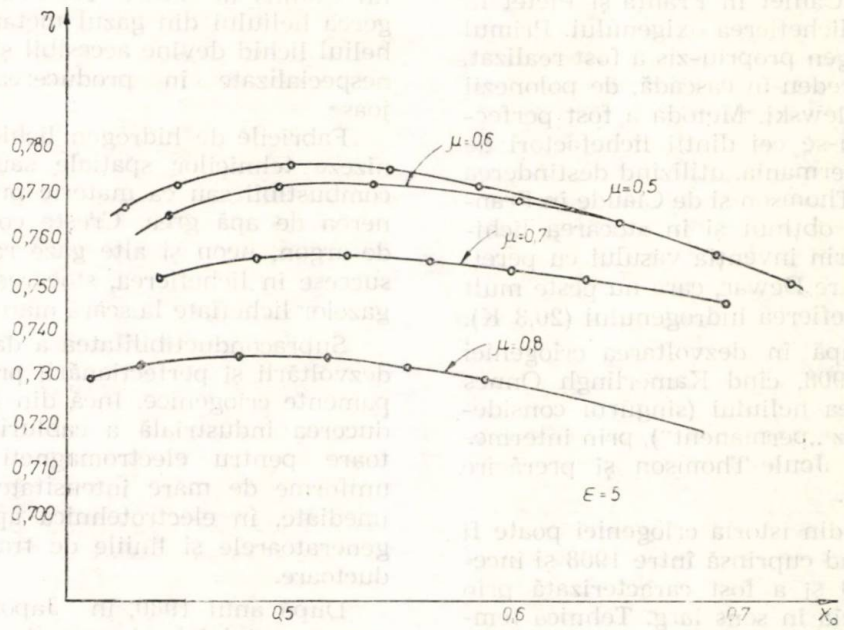


Fig. 6

Rezultatele acestui studiu de optimizare au fost folosite la calculul și proiectarea turbodetentorului de aer TD—30 avînd următoarele caracteristici :

— debit în condiții normale : 30 m^3N/h ;
— presiunea de admisie : 6.10^5 N/m^2 ;
— temperatura gazului de admisie : 300 K;
— temperatura gazului la ieșire : 212 K;
— turația nominală : 210.000 rot/min.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Arkarov, A.M., Butkevich, K.S., Golovintzov, A.G., Kulakov, V.M., Marfenina, I.V., Mikulin, E.I., Stolper, M.B.* : „Tehnika Nizkih Temperatur, Izd. Energya, Moskva, 1964.

[2] *Strahovich, K.I., Korriakov, I.K., Epifarova, V.I., Butkevich, K.S., Novotelnov, V.I.* : „Rassiritenie mașinî". Mașinostroenie, Moskva—Leningrad, 1966.

CZ : 621.56/.59

Cercetări și realizări în criogenie la I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca

Ing. Zeno **MIRON**, fiz. Iosif **DEAC** — I.C.P.I.A.F. Cluj-Napoca

Privire generală asupra criogeniei

În ultimii ani, tehnologiile moderne, necesitatea stocării, generării și transportării energiei precum și cercetarea fundamentală au determinat o creștere continuă a interesului specialiștilor pentru obținerea și aplicațiile temperaturilor joase.

Criogenia, în accepțiune curentă, se referă la tehnologia producerii temperaturilor joase sau în sens mai larg, la studiul fenomenelor, la tehnicile și conceptele caracteristice temperaturilor situate sub 120 K (—153°C). Deci, criogenia se ocupă de domeniul temperaturilor care, în mod normal, nu pot fi observate pe Pămînt sau în apropierea acestuia.

Evoluția rapidă a criogeniei a fost determinată în principal, de progresele realizate în fizică, în domeniul producerii temperaturilor joase, a lichefierii gazelor și în studiul proprietăților materialelor la temperaturi joase.

Punctul de start al criogeniei poate fi consemnat în anul 1877, cînd, aproape simultan, dar independent, Caillet în Franța și Pictet în Elveția au reușit lichefierea oxigenului. Primul lichefactor de oxigen propriu-zis a fost realizat, pe baza unui procedeu în cascadă, de polonezii Olszewki și Wroblewski. Metoda a fost perfecționată, realizîndu-se cei dintîi lichefactori de aer de Linde în Germania, utilizînd destinderea izentalpică Joule-Thomson și de Claude în Franța. Progrese s-au obținut și în stocarea lichidelor criogenice prin invenția vasului cu pereți dubli vidați de către Dewar, care nu peste mult timp reușește lichefierea hidrogenului (20,3 K).

Cea dintîi etapă în dezvoltarea criogeniei s-a încheiat în 1908, cînd Kamerlingh Onnes reușește lichefierea heliului (singurul considerat pînă atunci gaz „permanent"), prin intermediul unui sistem Joule-Thomson și prerăcire cu hidrogen lichid.

A doua etapă din istoria criogeniei poate fi considerată ca fiind cuprinsă între 1908 și începutul anilor 1950 și a fost caracterizată prin dezvoltarea acesteia în sens larg. Tehnica temperaturilor joase devine din ce în ce mai răspîndită în lume, încep să apară numeroase grupuri de cercetători al căror scop era studiul proprietăților materialelor la temperaturi foarte joase. Apar cîteva mari laboratoare în Canada, U.R.S.S., Germania, S.U.A. și Anglia, care au pus la punct și utilizat lichefactori de hidrogen și heliu pentru cercetări experimentale de o deosebită importanță, la acea vreme. Toate tipurile de instalații de lichefiat heliu utilizate atunci funcționau pe baza efectului Joule-Thomson, cu excepția lichefactorului din Cambridge al lui Kapița care a reușit lichefierea heliului cu o mașină de detentă fără prerăcire cu hidrogen.

Dificultatea producerii temperaturilor joase în raport cu cele ridicate, rezidă în principiul al doilea al termodinamicii, care postulează asimetria scării de temperatură și ireversibilitatea fundamentală a unor procese fizice și chimice. Astfel, lucrul mecanic efectuat pentru atingerea unei anumite temperaturi și gabaritul instalațiilor este cu atît mai mare cu cît temperatura este mai coborîtă.

Cele menționate mai sus justifică tendința manifestată în această perioadă pentru ridicarea eficienței și dezvoltarea instalațiilor criogenice compacte.

Metoda demagnetizării adiabatice, propusă independent de Giauque și Debye a făcut abordabil un nou domeniu al temperaturilor, permițînd apropierea de 10^{-3} K.

În aceeași perioadă, s-au constatat progrese remarcabile în industria separării gazelor și mai ales în construirea fabricilor de oxigen.

O nouă eră în criogenie a început după cel de al doilea război mondial, prin dezvoltarea lichefactorilor comerciali de hidrogen și heliu automatizați, o contribuție esențială revenind lui Collins în S.U.A. Tot acum, începe extragerea heliului din gazul metan. În felul acesta heliul lichid devine accesibil și în laboratoarele nespecializate în producerea temperaturilor joase.

Fabricile de hidrogen lichid încep să-l furnizeze tehnicilor spațiale sau nucleare ca și combustibil sau ca materie primă pentru obținerea de apă grea. Crește continuu necesarul de argon, neon și alte gaze rare. Se obțin noi succese în lichefierea, stocarea și transportarea gazelor lichefiate la scară mare.

Supraconductibilitatea a dat un nou impuls dezvoltării și perfecționării producerii de echipamente criogenice. Încă din 1960, începe producerea industrială a cablurilor supraconductoare pentru electromagneți avînd cîmpuri uniforme de mare intensitate. Aplicațiile sînt imediate, în electrotehnică apărînd motoarele, generatoarele și liniile de transport supraconductoare.

După anul 1980, în Japonia, s-a realizat experimental trenul cu motor liniar în combinație cu levitația magnetică (NAGLEV) atingîndu-se 500 km/h.

În ultimii ani, tot mai mult se simte impactul criogeniei cu medicina și biologia. A fost perfecționată așa-numita tehnica de „spin imaging" prin rezonanță magnetică nucleară, care poate pune în evidență țesuturile tumorale pe întreg corpul omenesc. Efectul Josephson a permis construirea dispozitivelor interferențiale supraconductoare (SQUIS), cu ajutorul cărora au fost realizate magnetometre capabile să furnizeze informații deosebit de complexe despre structura și funcționarea creierului uman. Criochirurgia înlătură țesuturile tumorale prin congelare la temperatura azotului lichid.

Utilizarea directă a azotului lichid face posibilă congelarea și conservarea materialului biologic : țesături, organe, sînge, microorganisme etc.

Criogenia permite congelarea materialului seminal în azot lichid, în vederea însămînțării artificiale și a selecției multor specii de animale.

Industria constructoare de mașini este tributară tehnicii temperaturilor joase, prin echipamentul necesar tratamentului termic prin frig al oțelurilor aliate, în vederea ridicării durității, stabilității dimensionale, pentru asamblarea diferitelor piese cu strîngere, pentru implementarea tehnologiilor de vîrf, în general.

După perfecționarea echipamentului criogenic, astfel încît să poată răspunde cerințelor

la nivelul tuturor temperaturilor criogenice, a urmat necesitatea firească a miniaturizării acestuia, care este de fapt și tendința actuală în criogenie, în concordanță cu ultimele succese ale științei și tehnologiei : calculatoarele rapide, dispozitivele laser și maser, dispozitive crioelectronice etc.

Ponderea crescîndă a criogeniei în rezolvarea problemelor fundamentale ale științei și tehnologiei, a economisirii și conservării energiei în țările dezvoltate, justifică poziția prioritară a tehnicii temperaturilor joase în programele de cercetare și dezvoltare care stau astăzi în fața întregii umanități.

Realizări în domeniul criogeniei la I.C.P.I. A.F. Cluj-Napoca

Preocupările institutului nostru în cercetarea și realizarea unor echipamente criogenice datează din anul 1976, ca urmare a solicitărilor din partea unor instituții și întreprinderi care au început să abordeze unele aplicații din domeniul criogeniei.

Institutul Politehnic din Timișoara și ulterior Institutul de Cercetări și Proiectări Electrotehnice din București ne-au solicitat realizarea unor instalații de lichefiat azot și heliu conform programului național de criogenie.

Începutul a fost greu, dar nu după mult timp cercetările au fost finalizate în realizarea primului lichefactor de azot de o capacitate de 6 l/h. Instalația are în componență un criogenerator, lucrînd după ciclul Stirling inversat, și o coloană de separare, subatmosferică, a aerului în azot și oxigen.

Ciclul termodinamic mai sus menționat permite obținerea unei capacități frigorifice într-un mod deosebit de simplu, ca o consecință a lipsei necesității supapelor. Prin intermediul a două pistoane amplasate coaxial într-un cilindru cu un răcitor și un regenerator, o cantitate fixă de gaz este comprimată și destinsă alternativ, într-un ciclu închis. Căldura de comprimare este evacuată continuu de un curent de apă care trece prin răcitor. Regeneratorul, cel mai eficient tip de schimbător de căldură disponibil, preia o cantitate de căldură de la gazul care trece în spațiul, după care o restituie la întoarcerea lui în spațiul de comprimare. Frigul astfel generat în spațiul de destindere este transferat în exterior, la capul de răcire, realizîndu-se o temperatură situată sub 80 K, suficientă pentru lichefierea aerului din atmosferă.

Lichefierea aerului a constituit un pas esențial în realizarea unei întregi game de instalații criogenice. Următorul pas a fost dezvoltarea coloanei de separare pentru producerea azotului lichid, care poate fi cuplată cu criogeneratorul. Aerul este trecut prin coloana de separare unde, după purificare prin înghețare a impurităților, a apei și a bioxidului de carbon, este separat în azot și oxigen.

Experiența dobîndită cu această ocazie a creat posibilitatea realizării unui lichefactor de azot cu doi cilindri și capacitatea de 10-12 l/h și abordării unei instalații cu patru cilindri, cu o capacitate de 40 l/h (fig. 1).

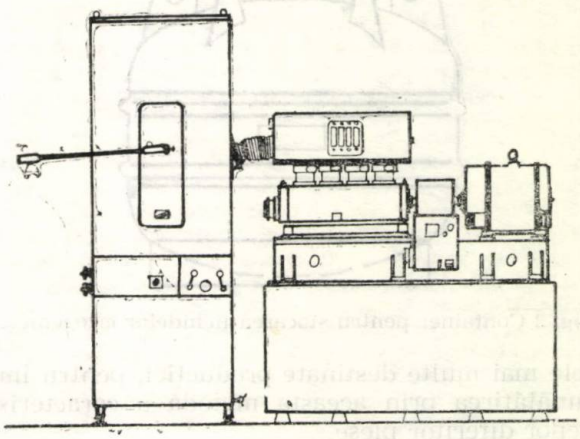


Fig. 1 Lichefactor de azot cu patru cilindri.

Un beneficiu imediat al acestei experiențe dobîndite în urma realizării criogeneratoarelor a fost o „prelungire" în domeniul temperaturilor „terestre", prin crearea în laboratorul nostru, în premieră pe țară, a motorului Stirling, cu ardere externă și fără pretenții față de un anumit combustibil.

Domeniu extrem de pretențios prin nivelul coborît de temperatură la care se desfășoară procesele, criogenia reprezintă o necesitate vitală atît în prezent dar mai ales în viitor, prin marile disponibilități pe care le oferă.

Acesta a fost și motivul pentru care aria preocupărilor noastre s-a extins, alături de instalațiile de lichefiat apărînd și containerele de stocare a lichidelor criogenice. Containerele sînt vase cu pereți dubli, între care este plasată așa-numita „superizolație" termică supusă unui vid înalt, mai bun de 10^{-4} mbar (fig. 2). Superizolația este o structură alcătuită din folii (de polietilen tereftalat) aluminizate, care sînt ecrane de radiație, separate cu hîrtie din fibre de sticlă. Cercetările întreprinse asupra containerelor și superizolației au furnizat soluții care au permis atingerea unor autonomii similare sau chiar superioare celor importate (autonomia containerelor este mai bună de 0,5 l/zi).

Pentru stocarea și transportul azotului, am realizat containere de 20, 40, 60 și 100 litri, solicitantului principal fiind SEMTEST — București, pentru conservarea materialului seminal în azot lichid. Ulterior, containerele criogenice produse de noi, în atelierul de microproducție, au devenit echipamente de bază în multe domenii de cercetare și în tehnologiile moderne.

De mare audiență la beneficiari s-au bucurat instalațiile de criotratamente realizate în cîteva variante, unele pentru scop de laborator, dar

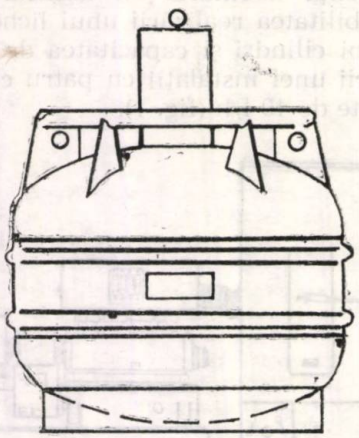


Fig. 2 Container pentru stocarea lichidelor criogenice.

cele mai multe destinate producției, pentru îmbunătățirea prin această metodă a caracteristicilor diferitor piese.

Prima instalație de acest tip a fost solicitată în 1981 de Institutul Politehnic din Iași, pentru cercetări în domeniul tratamentelor termice prin frig ale rulmenților, în vederea ameliorării parametrilor funcționali. Pînă în prezent, s-au livrat mai mult de 20 de instalații pentru tratarea inelelor de rulmenți, a cilindrilor de laminor, a diferitelor piese pentru aplicații în tehnica aviației, construcțiilor de mașini-unelte, petrochimiei, mecanică fină etc.

Instalația se compune dintr-un criogenerator (similar cu cel al lichefactorului de azot) ca sursă de frig și camera de răcire prevăzută cu izolație termică de înaltă eficiență, cuplate printr-un racord elastic. (fig. 3). Vehicularea agentului de răcire (aer) este asigurată de un ventilator montat pe capacul capului de răcire permițînd, alături de o rezistență electrică de încălzire și un sistem de control, reglarea automată a regimului termic dorit.

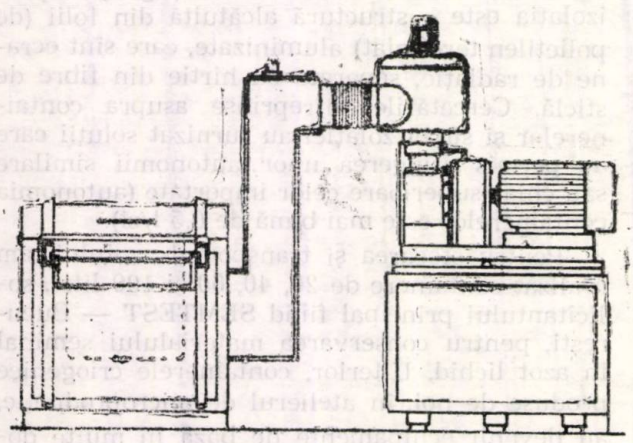


Fig. 3 Instalație de tratament termic prin frig adînc.

Instalația funcționează pe domeniul —90°C ... —70°C, precizia de reglare a temperaturii fiind de ± 0,5°C. Capacitatea frigorifică la —90°C este de aproximativ 1500 W, volumul incintei de răcire fiind de 100 sau 280 dm^3.

Într-o altă variantă constructivă a instalațiilor de criotratament, sursa de frig o constituie azotul lichid aflat într-un vas Dewar de construcție specială. Capacitatea utilă a cuvei este de 6,3 dm^3, iar temperatura de lucru cuprinsă între —90 și —196°C. Alte variante au capacități utile între 25 dm^3 și 250 dm^3 asigurînd orice nivel de temperatură dorit din intervalul —60°C ... +60°C (fig. 4).

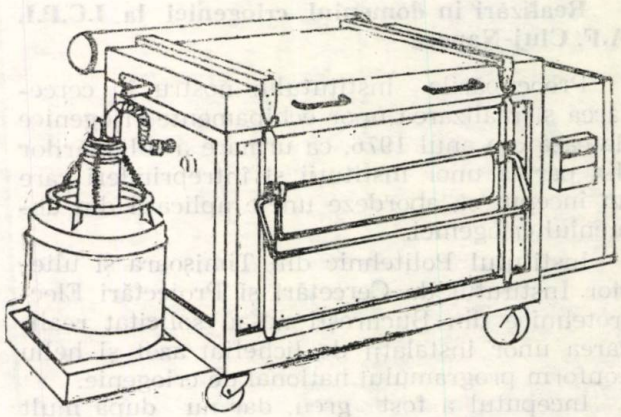


Fig. 4 Instalație de criotratament cu sursă de azot lichid.

În paralel, după familiarizarea cu domeniul temperaturilor de pînă la —200°C, preocupările noastre au urmărit apropierea de temperatura heliului lichid. În acest scop, s-au realizat criogeneratoare în două trepte de răcire, funcționînd tot după ciclul Stirling inversat, care au făcut posibilă atingerea temperaturii de 20 K (—253°C).

Un alt element a cărui cotribuție este hotărîtoare pentru lichefierea heliului este detentorul cu piston. Acesta produce un efect de răcire, considerabil, prin destinderea izentropică a gazului, cu efectuarea de lucru mecanic și a fost realizat la noi în două variante constructive. Într-una dintre ele, acționarea pistonului are loc prin mijlocirea unui sistem bielă-manivelă, admisia și evacuarea gazului făcîndu-se prin niște așa-numite „ferestre".

O caracteristică importantă a acestui tip de detentor (Doll-Eder) este forma specială a pistonului care împreună cu jocul mic (2-3 microni) dintre cilindru și piston, realizează atît „ungerea" (pernă de gaz) cît și „etanșarea".

Într-o variantă mai simplă (Gardner), a fost preferată acționarea prin intermediul unui ax cu excentrica pistonului și a unei came, de

data aceasta, a supapelor de admisie și evacuare, pistonul avînd forma „normală" cu segmenți pentru etanșare.

O altă cale spre temperaturile coborîte o constituie destinderea unui gaz nu pe un detentor cu piston ci pe o turbină radială. Această soluție s-a concretizat în realizarea a două tipuri de turbodetentoare miniaturale, de eficiență ridicată, cu turații situate în jurul valorii de 100.000 rot/min.

Studiul proprietăților materiale la temperaturi joase, al funcționării magneților supraconductori, al generatoarelor de curent electric al motoarelor supraconductoare sau criorezistive, și al structurii cîmpului gravitațional a constituit punctul de plecare al tot atîtor criostate speciale cu funcționare la temperatura azotului sau heliului lichid sau la alte nivele dorite de temperatură.

Laboratorul de criogenie de la I.C.P.I.A.F. s-a aliniat tendinței actuale privind miniaturizarea echipamentului criogenic. Primii pași au fost deja făcuți, prin realizarea unui refrigerator în două trepte, de tip Gifford-McMahon, pentru pompe de vid criogenice. A urmat apoi un criogenerator miniatural funcționînd după ciclul Stirling, pentru răcirea unor incinte de dimensiuni reduse. Cercetările și probele efectuate asupra acestor sisteme sînt în plină desfășurare, ambele atingînd temperaturi sub —120°C.

La o miniaturizare extremă, permisă de principiul simplu de funcționare, au fost aduse refrigeratoarele Joule-Thomson, care funcționează pe baza principiului cu același nume, la temperaturi de aproximativ —200°C. Perfecționarea acestor minirefrigeratoare, utilizate pentru răcirea unor dispozitive electronice, a făcut posibilă funcționarea lor la orice nivel de temperatură dorit din domeniul —196°C ... —30°C.

Următoarea etapă a acestui program de miniaturizare va avea în vedere cercetări asupra minirefrigeratoarelar funcționînd după un ciclu închis și antrenare prin intermediul motoarelor electrice liniare.

În fața cercetărilor laboratorului de criogenie stă ca perspectivă imediată, finalizarea cercetărilor și probelor asupra instalației de lichefiat heliu, obiectiv de importanță tehnico-științifică majoră. Această instalație poate fi apoi ușor adaptată la separarea amestecului heliu-neon.

Cu mult interes este așteptată de specialiștii din zootehnie instalația de lichefiat azot, cu o capacitate de 40 l/h, pentru dotarea stațiilor de însămînțare artificială.

Se preconizează, de asemenea, că un succes deosebit vor avea aplicațiile sistemelor criogenice miniaturale în medicină (în criochirurgie și crioterapie), în detectarea radiațiilor infraroșii și a celor electromagnetice, în general, în domeniul crioelectronicii etc.

Realizările colectivului de criogenie sînt un rezultat al împletirii muncii de cercetare științifică, proiectare și execuție în limitele unor condiții de toleranțe foarte strînse, și vin în întîmpinarea necesităților de primă importanță ale cercetării tehnico-științifice, ale economiei naționale.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Haselden, G.G.:* Criogenic Fundamentals, Academic Press. London, New York, 1971.
[2] *Hands, P.O.:* Cryogenic Engineering, Oxford, 1986, Academic Press.

CZ : 621.73

Noi forme de relief pentru suprafețe de frecare și procedeu pentru generarea acestora prin vibrorulare

Dr. ing. Nicolae **PRODANIUC**, ing. Vasile **LAZĂR**, Laurențiu **VLAICU** — Centrul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică de Utilaje pentru Industria Alimentară și Tehnica Frigului (C.C.S.I.T. U.I.A.F.) — Cluj-Napoca

Generalități

Îmbunătățirea parametrilor de exploatare și mai ales a rezistenței la uzură a subansamblelor de mașini, în componența cărora intră cuple de frecare, depinde — în foarte mare măsură — de starea suprafețelor de contact ale pieselor componente. Dar este cunoscut că, prin procedeele de prelucrare clasice (stungire, alezare, rectificare, suprafinisare etc.), posibilitățile de a obține un anumit microrelief al suprafețelor prelucrate sînt limitate, datorită neajunsurilor specifice acestor procedee, bazate pe așchierea materialelor cu o cinematică relativ simplă. Microrelieful suprafețelor prelucrate prin astfel de procedee este caracterizat prin neregularități foarte diferite ca dimensiuni, formă și dispunere reciprocă. Totodată, singurii parametri

privind starea suprafețelor, care se reglementează prin standarde, se prescriu în documentația constructivă și se asigură prin tehnologia de prelucrare, sînt rugozitatea R_a sau R_z. În prezent, optimizarea microreliefului unor suprafețe de frecare pretențioase, numai după înălțimea neregularităților, este insuficientă.

În aceste condiții, în ultimul timp, au cunoscut o mai mare extindere procedeele de prelucrări de finisare bazate pe deformarea plastică superficială a metalelor (durcisarea) prin rulare cu bilă, cu rolă, cu vîrf de diamant sau cu element toroidal [1, 3] și s-au elaborat și dezvoltat procedee noi de prelucrare, bazate pe o cinematică mai complexă, între care și durcisarea prin rulare cu sculă vibratoare (vibrorularea) [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11], care face și obiectul prezentului articol.

În cadrul C.C.S.I.T.U.I.A.T.F. Cluj-Napoca s-a proiectat și executat, în colaborare cu Intreprinderea „Tehnofrig" Cluj-Napoca și I.U.A. Slatina, un dispozitiv de durcisat prin rulare cu sculă vibratoare [3], cu care s-au făcut mai mult serii de încercări cu diferite mărci de oțeluri (OL, OLC, oțeluri aliate și inoxidabile), care au confirmat rezultatele diverselor cercetări, publicate în literatura de specialitate [2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10] și [11].

În lucrarea [11] se demonsterază că prin vibrorulare se obține o mărire a razelor de curbură a vîrfurilor neregularităților suprafeței și o uniformizare a acestora ca formă și înălțime, iar prin aceasta se îmbunătățesc capacitatea portantă a suprafeței, rigiditatea de contact, tipul de rodare și rezistența la uzură și crește grosimea peliculei de lubrifiant.

Principiul de lucru

Procedeul de durcisare prin rulare cu sculă vibratoare se bazează pe deformarea plastică controlată a stratului superficial, rugos, al piesei aflate în mișcare de rotație, cu ajutorul unui

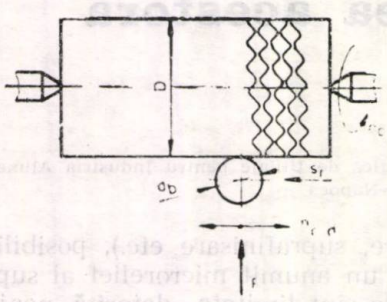


Fig. 1 Schema de principiu a vibrorulării unei suprafețe cilindrice exterioare.

element de deformare (bilă suu vîrf diamant), apăsat elastic și care oscilează direcția avansului.

În figura 1 este prezentată schema de principiu a durcisării cu sculă vibratoare a unei suprafețe cilindrice exterioare. În esență, vibrorularea constă în rostogolirea pe suprafața piesei de prelucrat a unei bile, apăsate cu o anumită forță și căreia i se imprimă o mișcare de oscilație (dute-vino) pe direcția avansului.

În mod similar, se pot vibrorula suprafețe cilindrice, interioare și suprafețe circulare.

Construcția dispozitivului de durcisat prin rulare cu sculă vibratoare

În figura 2 este prezentat dispozitivul de durcisat prin rulare cu sculă vibratoare, în secțiune văzută de sus în care se văd și principalele piese componente ale acestui dispozitiv.

Mișcarea de rotație a piesei și mișcarea de avans sînt asigurate de mecanismul strungului pe care dispozitivul este montat.

Mișcarea de oscilație pe direcția avansului (în lungul axei piesei) se realizează astfel : mișcarea de rotație a motorului electric de curent continuu **12** este transformată în mișcare de translație cu ajutorul excentricului **11** și a bielei **10**, care mai departe, prin intermediul rulmenților **9**, cepului **8** și consolei **7**, se transmite glisorului **4**, ce se mișcă în rulmentul de translație **5**. În glisorul **4**, prin intermediul cozii conice **2**, este fixat cu șurubul de strîngere **6**, dispozitivul de durcisat prin rulare cu bilă **1** de construcție clasică [1].

Forța de apăsare necesară și contractul elastic dintre bilă și suprafața piesei se asigură prin comprimarea unui arc tarat al dispozitivului de durcisat prin rulare cu bilă.

Pentru acționarea și comanda motorului electric de curent continuu s-a proiectat și construit un panou electric, de tip portabil, care asigură varierea turației între 100 și 3000 rot/min.

În figura 3 se poate vedea dispozitivul de durcisat prin rulare cu sculă vibratoare, în stare montată pe un strung paralel, alături de care se vede și panoul electric de tip portabil.

Regimul de durcisare prin rulare cu sculă vibratoare

Principalii parametri ai regimului de vibrorulare (fig. 1) sînt diametrul exterior al piesei D, turația piesei n_p, diametrul bilei d_b, forța de apăsare, F, avansul la rulare s_r, numărul de curse duble al bilei $n_{c.d}$ și amplitudinea oscilației bilei e.

La efectuarea încercărilor de durcisare prin rulare cu sculă vibratoare [3], s-au folosit următoarele valori pentru parametrii principali ai regimului de vibrorulare :

$D = 20 \ldots 150$ mm ;
$n_p = 20$ rot/min ;
$d_b = 9$ mm ; $F = 30$, 45 și 60 daN ;

s_r = 0,5, 1, 2, 2,5 și 5 mm/rot ;
$n_{c.a}$ = 100 ... 3000 min^{-1} ;
e = 0,5 ... 2,5 mm (din 0,5 în 0,5 mm).

lului din stratul superficial supus deformării. În figura 5 sînt notate : b — lățimea microcanalului, h_c — adîncimea microcanalului și

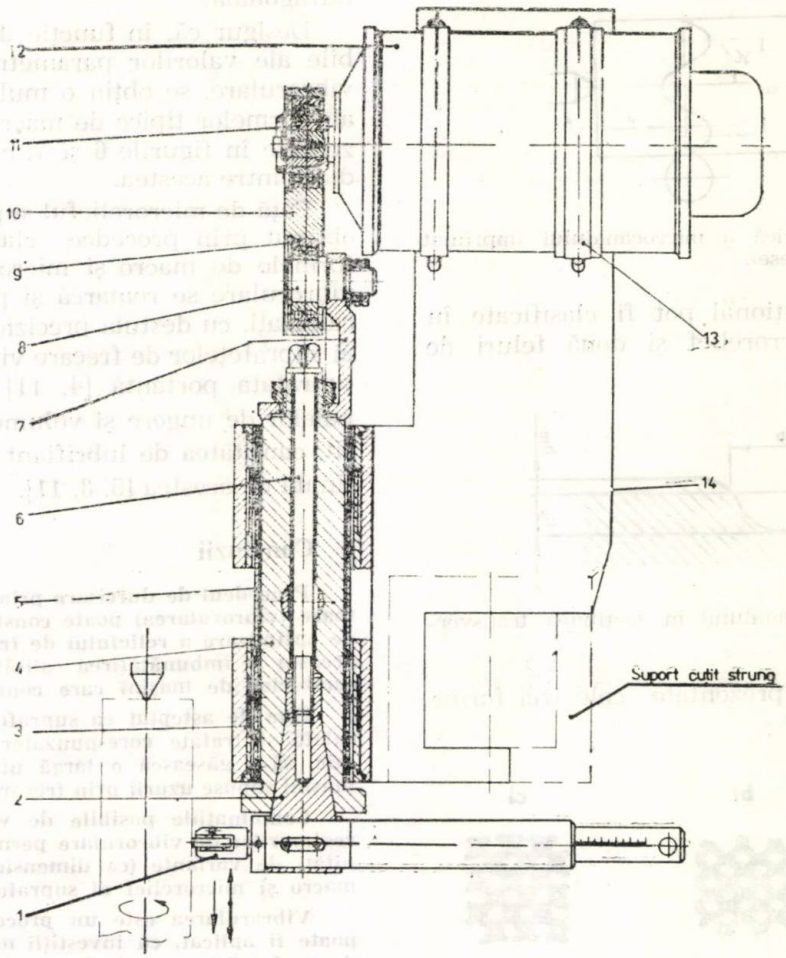


Fig. 2 Dispozitivul de durcisat prin rulare cu sculă vibratoare (secțiune văzută de sus).

1 — dispozitiv de durcisat prin rulare cu bilă (construcție clasică) ; 2 — coadă conică ; 3 — bucșă de ghidare ; 4 — glisor ; 5 — rulment de translație cu bile ; 6 — șurub de strîngere ; 7 — consolă ; 8 — cep ; 9 — rulment oscilant cu bile ; 10 — bielă ; 11 — excentric schimbabil ; 12 — motor electric de curent continuu ; 13 — colier de fixare ; 14 — corp dispozitiv.

Geometria formelor de relief obținute prin vibrorulare

În procesul de vibrorulare pe suprafața piesei, în urma combinării celor trei mișcări și în funcție de mărimea forței de apăsare și geometria sculei (bilă sau vîrf de diamant), se imprimă microcanale de formă sinusoidală (fig. 1).

Forma geometrică a microcanalului imprimat pe suprafața cilindrică a piesei este caracterizată de următorii parametri (fig. 4) : pasul (lungimea de undă) — p, amplitudinea oscilației (excentricitatea) e și unghiul de înclinare — $\varkappa$.

Profilul aproximativ al microcanalului în secțiune transversală este prezentat în figura 5. Se observă că în urma apăsării sculei, pe lîngă imprimarea microcanalului, are loc și o înălțare a marginilor acestuia, datorită curgerii metalului în microcanal. Înălțimea marginilor microcanalului h_m depinde de mărimea forței de apăsare, de geometria sculei și de proprietățile fizico-mecanice ale materialului prelucrat. Încercările au arătat că h_m poate să atingă valori între 1/3 h_c și 2/3 h_c.

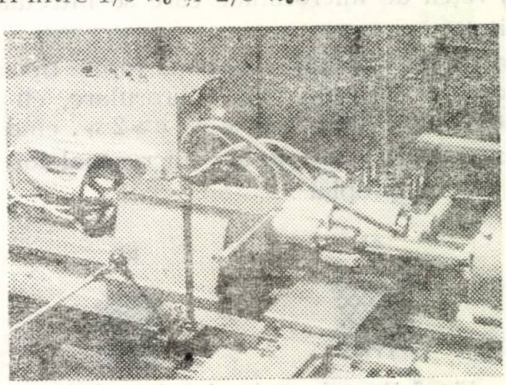


Fig. 3 Dispozitivul de durcisat prin rulare cu sculă vibratoare în stare montată pe un strung paralel alături de care se vede panoul electric de tip portabil.

În funcție de combinația de valori a parametrilor regimului de vibrorulare, pe suprafața piesei se pot imprima o infinitate de forme de

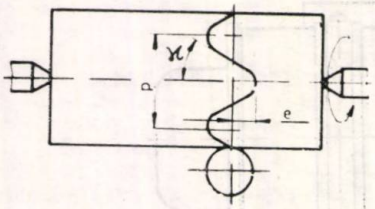


Fig. 4 Forma geometrică a microcanalului imprimat pe suprafața piesei.

relief, care convențional pot fi clasificate în trei feluri de macrorelief și două feluri de microrelief.

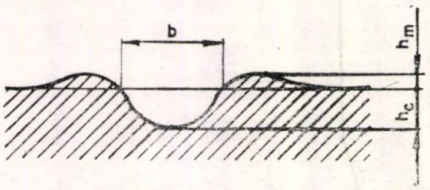


Fig. 5 Profilul microcanalului în secțiunea transversală.

În figura 6 sînt prezentate cele trei forme tipice de macrorelief :

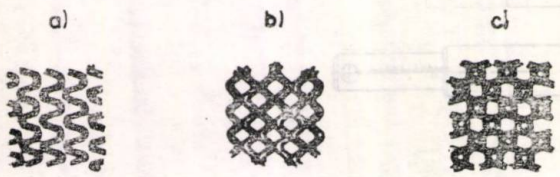


Fig. 6 Formele tipice de macrorelief :
a) rețea de microcanale care nu se întretaie ;
b) rețea de microcanale care se întretaie parțial ;
c) rețea de microcanale care se întretaie în totalitate.

a) rețea de microcanale care nu se întretaie;

b) rețea de microcanale care se întretaie parțial ;

c) rețea de microcanale care se întretaie în totalitate.

În figura 7 se văd cele două forme tipice de microrelief obținute prin vibrorulare, cu respectarea condițiilor $b \cong s_r$ și $e \geqslant 2\, s_r$, cînd au loc întretăieri multiple ale microcanalelor dispuse foarte apropiat :

Fig. 7 Formele tipice de microrelief :
a) microrelief uniform distribuit de formă hexagonală ;
b) microrelief uniform distribuit de formă tetragonală.

a) microrelief uniform distribuit de formă hexagonală ;

b) microrelief uniform distribuit de formă tetragonală.

Desigur că, în funcție de combinațiile posibile ale valorilor parametrilor regimului de vibrorulare, se obțin o multitudine de variante ale formelor tipice de macro și microrelief prezentate în figurile 6 și 7, cît și forme intermediare între acestea.

Față de microrelieful suprafețelor de frecare obținut prin procedee clasice de prelucrare, formele de macro și microrelief obținute prin vibrorulare se remarcă și prin aceea că, pot fi calculați, cu destulă precizie, anumiți parametri ai suprafețelor de frecare vibrorulare, cum sînt : suprafața portantă [4, 11] suprafața microcanalelor de ungere și volumul acestora și implicit, cantitatea de lubrifiant ce poate fi înmagazinată de acestea [5, 8, 11].

Concluzii

Procedeul de durcisare prin rulare cu sculă vibratoare (vibrorularea) poate constitui un mijloc eficient de optimizare a reliefului de frecare, contribuind prin aceasta la îmbunătățirea calității și fiabilității subansamblelor de mașini care conțin cuple de frecare.

Este de așteptat ca suprafețele de frecare, vibrorulate și tratate corespunzător termic sau termochimic, să-și găsească o largă utilizare în organele de mașini supuse uzurii prin frecare.

Combinațiile posibile de valori ale parametrilor regimurilor de vibrorulare permit obținerea unei infinități de variante (ca dimensiuni și configurație) de macro și microrelief al suprafețelor de frecare.

Vibrorularea este un procedeu tehnologic care poate fi aplicat, cu investiții minime, în orice atelier de prelucrări mecanice, pe strunguri paralele obținuite.

Procedeul de vibrorulare poate fi folosit și în scopuri decorative, pentru suprafețe cilindrice exterioare și suprafețe frontale circulare.

Forma de macrorelief „rețea de microcanale care nu se întretaie" poate fi utilizată cu succes pentru suprafețe de etanșare ale unor elemente hidraulice (pistonașe, sărtărașe etc.), sau ale unor armături cu cep.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Gavrilaș, I., Maier, A.:* Netezirea și ecruisarea suprafețelor prin rulare, alunecare și lovire. București, Editura Tehnică, 1972.

[2] *Gorohov, V.A.:* Otdelocinaia obrabotka detalei iz nerjaveiușcih stalei i splavov titana holodnîm plasticeskim deformirovaniem. „Himiceskoe i neftianoe mașinostroenie", 1976, Nr. 5, p. 27—28.

[3] *Prodaniuc, N,. Corniciu, I., Cojocneanu, M.:* Elaborarea unor procedee tehnologice de mărire a rezistenței la uzură a pieselor din oțeluri inoxidabile utilizate în construcția de mașini și utilaje pentru industria alimentară. Cluj-Napoca, I.C.P.I,A.F., 1986.

[4] *Schneider, Iu. G., Feldman, Ia.S.:* Analiticeskii rasciot opornoi poverhnosti pri vibraționnom obkatîvanii. „Vestnik mașinostroenia", 1967, Nr. 8, p. 66.

[5] *Schneider, Iu. G., Feldman, Ia, S., Lebedinski, G.G.:* Vibroobkatîvanie poverhnostei mnogoșarikovîm instrumentom. „Stanki i instrument", 1973, Nr. 7, p. 36—37.

[6] *Schneider, Iu.G., Golub, I.M.:* Vlianie microreliefa rabocih poverhnostei detalei na it dolgovecinosti. „Stanki instrument", 1970, Nr. 11, p. 21—23.

[7] *Schneider, Iu.G, Guzok, Ia.V.:* Vlianie microreliefa trușcihsia par germeticinîh holodilnîh kompressorov na ih dolgovecinosti. „Himiceskoe i neftianoe mașinostronie", 1973, Nr. 5, p. 30—32.

[8] *Schneider, Iu.G., Mulin, Iu.I., Miliaev, O.N., Lavin, S.V.:* Vibraționnoe obkatîvanie poverhnostei detalei stankov. „Stanki i instrument", 1972, Nr. 3, p. 34—35.

[9] *Schneider, Iu.G., Mulin, Iu.I.:* Kacestvo poverhnostei i iznosostoikosti kalibrov. „Stanki i instrument", 1971, Nr. 7, p. 35—36.

[10] *Schneider, Iu.G., Nazirov, R.U., Smuilovici, M.S.:* Povîșenie kacestva uzlov trenia v armaturostroenii za șciot optimizații microreliefa kontaktiruiușcih poverhnostei. „Himiceskoe i neftianoe mașinostroenie", 1974, Nr. 3, p. 31—33.

[11] *Schneider, Iu.G.:* Obrazovanie reguliarnîh microreliefov na detaliah i ih ekspluataționnîe svoistva. Leningrad, „Mașinostroenie", 1972.

ATTENTION!

Foreign readers can subscribe through ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex: 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ATTENTION!

Les lecteurs étrangérs de la revue pourront prendre des abonaments par ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex: 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ACHTUNG!

Ausländische Leser können sich abonnieren durch ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex: 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ВНИМАНИЕ!

Читатели иностранных стран могут абонироваться при ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex: 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ
pentru
INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

difuzează în anul 1988

materiale de informare despre realizări din țară și din străinătate privind preocupările actuale în domeniul construcțiilor de mașini, de ex.: programul energetic, valorificarea surselor proprii de materii prime, calitatea produselor, economisirea materiilor prime și reciclarea deșeurilor, productivitatea muncii etc.

Materialele sînt grupate în serii:

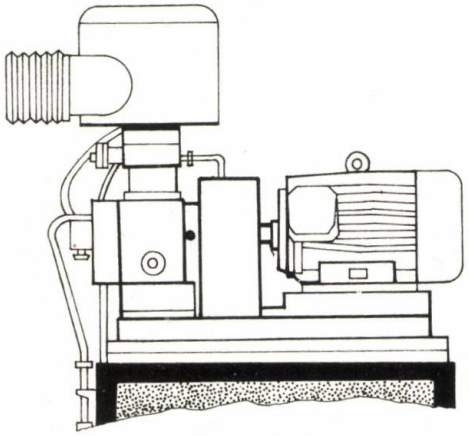
Simbolul	Denumirea seriei
	REALIZĂRI ALE CERCETĂRII ROMÂNEȘTI
RCM	Revista „Construcția de mașini"
ID	INFORMARE DOCUMENTARĂ asupra nivelului progresului tehnic pe plan mondial în industria construcțiilor de mașini
	Informări pentru cadre de conducere:
IDCM	Informare documentară în construcția de mașini
IDCM-C	Informare documentară în construcția de mașini — conjunctură
IDCM-E	Informare documentară în construcția de mașini-energie
IDCM-O	Informare documentară în construcția de mașini-organizare
IDCM-PM	Informare documentară pentru protecția muncii
	Informări pentru specialiști:
IDT	Informare documentară în turnătorii
IDTT	Informare documentară pentru tratamente termice
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări prin deformare plastică
IDS	Informare documentară pentru sudori
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări la rece
IDCC	Informare documentară pentru calitate și control
IDMK	Informare documentară pentru prognoză și marketing
IDAR	Informare documentară pentru automatizare, robotizare
IDRC	Informare documentară privind reducerea consumurilor de materiale și energie

Simbolul	Denumirea seriei
	SINTEZE DOCUMENTARE privind **nivelul tehnic pe plan mondial** în industria construcțiilor de mașini
SID	Noutăți în diverse domenii
	REALIZĂRI ALE UNITĂȚILOR MICM și MIUG
CO, CTN, CMA, CA, PTN, SE, CSSM, RSM, CES, CTO, CT	**Cataloage de fișe tehnice** de produse, tehnologii și mecanizări, automatizări autoutilări, SDV-uri Realizări deosebite, omologări standarde etc. Realizări în sudare Echipamente de sudare Produse tipizate, descrieri de tehnologii
	DOCUMENTE NORMATIVE
BI	**Buletinul intern MICM și MIUG**
NT	Normative tehnice
LPCM, R	Liste de prețuri în construcția de mașini, reduse
ITC	Indicatoare tarifare de calificare
NPM	Normative și ghid de protecția muncii în construcția de mașini
	MATERIALE DOCUMENTARE **în ajutorul proiectării și al producției**
	CERCETĂRI COMPLEXE DE INFORMARE ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ
CCIST-R și P	Cercetări retrospective și continui
SIDCM-A și B	Sistemul de informare documentară automatizat, pentru articole de revistă și brevete

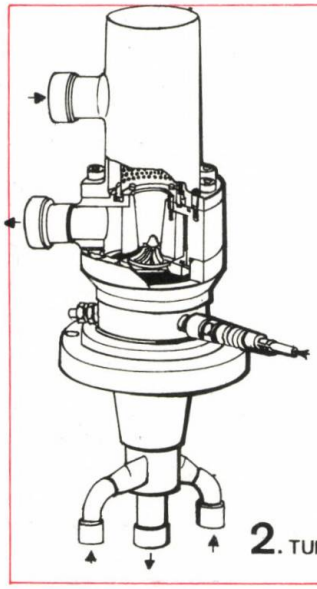
ICPIAF® CLUJ-NAPOCA

CRIOGENIE

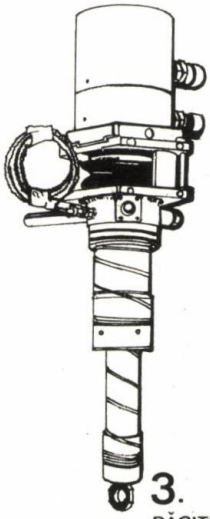
Echipamente criogenice pentru utilizări în laboratoare și industrie



1. CRIOGENERATOR **STIRLING**



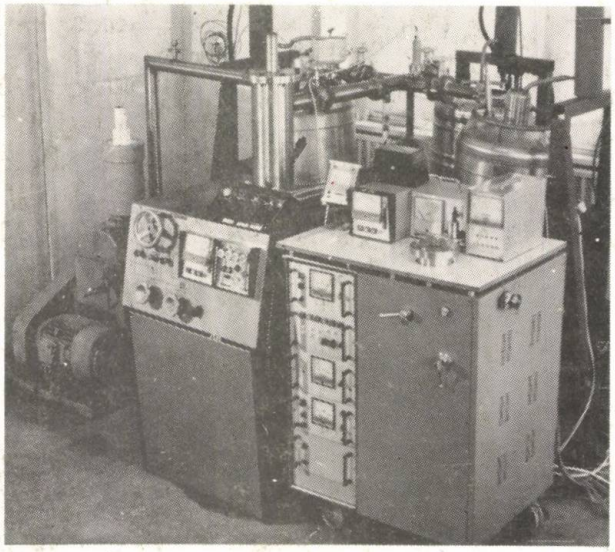
2. TURBODETENTOR **KAPITZA**

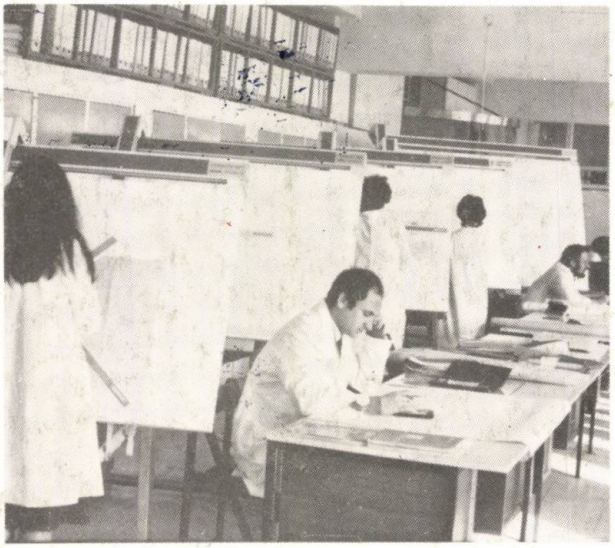


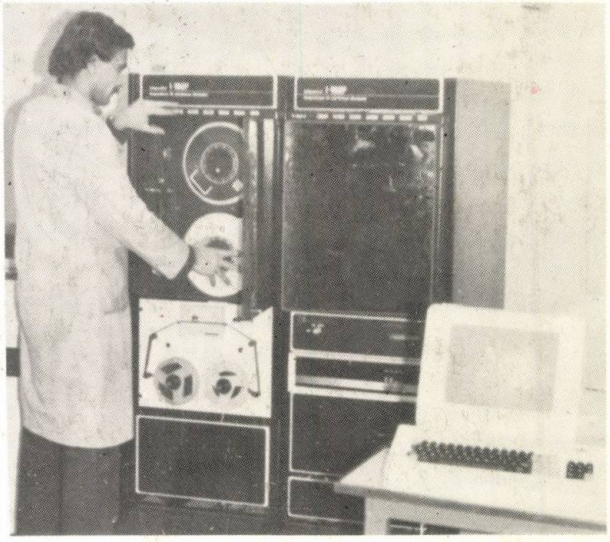
3. RĂCITOR **GIFFORD Mc MAHON**

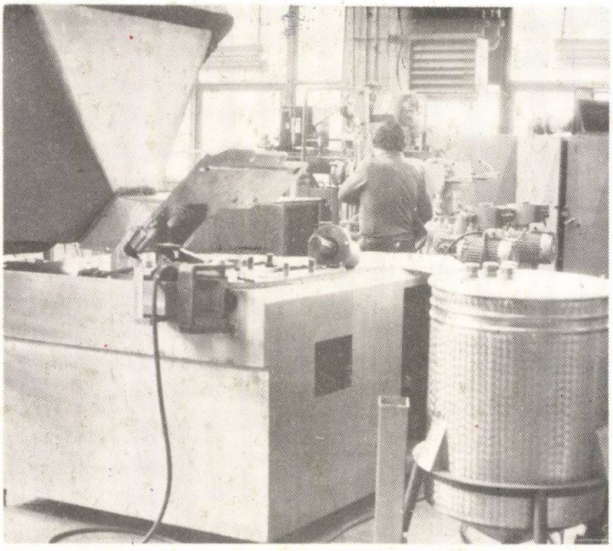
4. RĂCITOR MINIATURAL **JOULE-THOMSON**

ICPIAF®







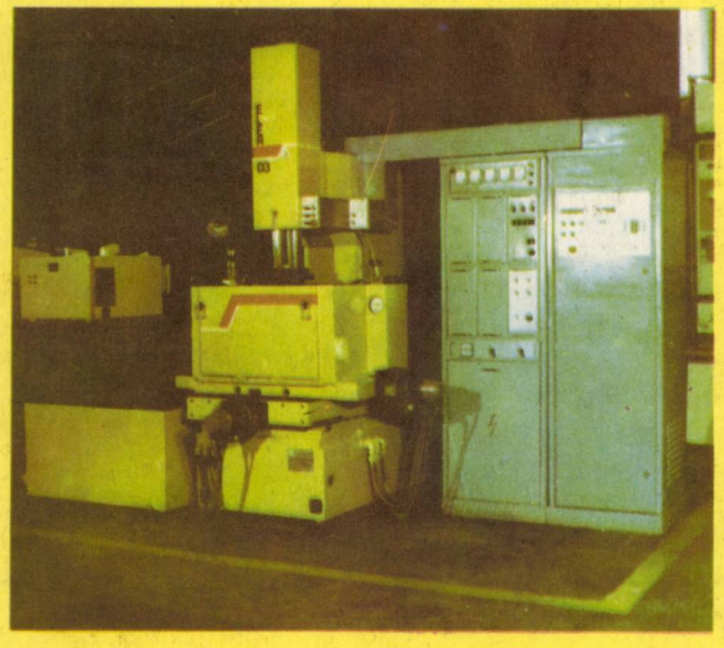


DOTĂRI

Laboratoare
Standuri laborator
Săli de proiectare
Baza de execuție
Oficiul de calcul

E 3279
04
GSE

Referativ
R 1988 JUN 2 9



Prelucrarea metalelor prin procedee electro-fizico-chimice şi alte tehnologii

CONSTRUCTIA DE MASINI

BUCUREŞTI ■ XXXX ■ MAI ■ 1988

5

CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
EDITOR : OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ANUL XXXX, 5, mai 1988

CUPRINS

Prelucrări electro-fizico-chimice

MANIȚIU, C., GOGOAȘĂ, I., POPA, E. : **Aspecte ale extinderii utilizării tehnologiilor electro-fizico-chimice de prelucrare** 231

Electroeroziune

MANIȚIU, C., ANDREESCU, M., FĂNARU, N., ABDULA, R. : **Extinderea gamei posibilităților tehnologice de prelucrare electroerozivă cu electrod masiv (ELER-03-SEM)** 233

FĂNARU, N., LASLĂU, R., BOBE, D. : **Sistemul automat de alimentare cu electrozi, pas important în automatizarea procesului de prelucrare prin electroeroziune cu electrod masiv** 239

POPESCU, C., IANCU, B. : **Echipamente de comandă numerică pentru mașini de decupat prin electroeroziune cu fir** 243

FĂNARU, N., DIMITRIU, N., VASILCIN, MONICA : **Sistema de dispozitive-necesitate pentru exploatarea rațională și eficientă a mașinilor de prelucrare prin electroeroziune și creșterea preciziei de prelucrare** 245

Electrochimie

POPA, E., DIMITRIU, RUXANDRA, IONESCU, C. : **Aspecte privind procedeul de debavurare termică** 250

IVAN, M., OBACIU, GH., ILIESCU, I. : **Debavurarea și raionarea electrochimică a găurilor de ungere la arbori cotiți** 256

ORĂȘANU, GH., POPA, E., DIMITRIU, RUXANDRA, BĂRBUȚĂ, E. : **Prelucrarea electrochimică a lamelelor pentru compresoare** 262

OBACIU, GH., IVAN, M. : **Mașină de prelucrat electrochimic pentru operații de mecanică fină** 267

GUTT, GH., GUTT, SONIA, IVĂȘCAN, ȘT. : **Posibilități de realizare a avansului electrodului-sculă la prelucrarea electrochimică cu depasivare hidrodinamică** 270

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului Științific al Institutului Central pentru Construcții de Mașini

Redactor șef : ing. Teodosia Oprescu
Redactor : Șerban Teodorescu
Coordonatori : Dr. ing. Carol Manițiu, dr. ing. Gabriela Crișan

POPA, E.,
ORĂȘANU, GH.,
BĂRBUȚĂ, E. : **Căi de creștere a productivității la debavurarea electrochimică** 275

Prelucrări cu laser și alte tehnologii

MORARIU, V.,
CULCĂ, H. : **Posibilități de utilizare și programare ale echipamentelor NUMEROM 470, adaptate pentru mașini de prelucrare prin tăiere cu laser** 277

MERFEA, B. : **Cercetări teoretice privind deformarea semifabricatelor tubulare cu pereți subțiri, cu impulsuri electrohidrodinamice** 279

POPESCU, I.,
SUTEU, I.,
CHIRILĂ, M.,
POPA, C.,
MARTINESCU, I.,
COSMA, D.,
MERFEA, B.,
GHIZDAVU, S. : **Aspecte privind obținerea semifabricatelor tubulare prin explozie, cu explozivi brizanți** 282

ATTENTION !

Foreign readers can subscribe through ***ROMPRESFILATELIA*** *— sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex : 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.*

ACHTUNG !

Ausländische Leser können sich abonnieren durch ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex : 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ATTENTION !

Les lecteurs étrangérs de la revue pourront prendre des abonaments par ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex : 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ВНИМАНИЕ !

Читатели иностранных стран могут абонироваться при ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex: 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

Revista „CONSTRUCȚIA DE MAȘINI", organ al Ministerului Industrei Construcțiilor de Mașini din Republica Socialistă România. Redacția la : Oficiul de informare documentară pentru industria construcțiilor de mașini, cu sediul în București, Calea Victoriei, 133, sector I, telefon 50.31.30 ; sau 59.71.35. Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament ICTCM, 30.16.7.01.01 B.N.—R.SR.. filiala sector IV sau prin mandat poștal la ICTCM, șos. Olteniței nr. 105, București, sector 4, pentru revista „Construcția de mașini". Tarif : 150 lei anual. Costul unui exemplar : 12,50 lei. Index D.E.P. 41023

Tiparul : Tipografia „Ploiești" str. Transilvaniei, nr. 29.

SUMARE

CZ : 621.9.048.4

Maniţiu, C., Andreescu, M., Fânaru, N., Abdula, R.: **Extinderea gamei posibilităţilor tehnologice de prelucrare electroerozivă cu electrod masiv (ELER-03-SEM)**

În lucrare se prezintă principalele rezultate obţinute, prin colaborarea colectivelor de specialişti din cadrul I.C.T.C.M. — Bucureşti, I.P.A. Bucureşti şi I.C.P.E. Bucureşti, în activitatea de cercetare, avînd ca scop final extinderea gamei de posibilităţi tehnologice de prelucrare electroerozivă cu electrod masiv. Aceste activităţi comune au condus la realizarea unei noi familii de maşini de prelucrare electroerozivă, ELER-03. SEM, cu performanţe superioare maşinilor actuale din fabricaţia de serie de tip ELER-01 şi comparabile cu cele ale maşinilor similare fabricate de firme străine de renume, performanţe privind productivitatea prelucrării, uzura electrodului şi calitatea suprafeţei prelucrate.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 5, 5 fig., 3 tab., 5 ref. bibl.

CZ : 621.9.048.4

Fânaru, N., Laslău, R., Bobe, D.: **Sistemul automat de alimentare cu electrozi, pas important în automatizarea procesului de prelucrare prin electroeroziune cu electrod masiv**

Lucrarea descrie primul sistem automat de alimentare cu electrozi, realizat în ţara noastră, sistem destinat să echipeze maşinile româneşti de prelucrat prin electroeroziune.

Acest sistem este alcătuit din următoarele elemente :

— dispozitiv de prindere, conceput în trei variante constructive, la toate prinderea port-electrodului-sculă făcîndu-se prin intermediul unei bucşe elastice cu pereţi subţiri, acţionată hidraulic ;
— magazie de electrozi de tip disc-orizontal avînd un număr de 8 posturi, a cărei acţionare se face cu un motor de curent continuu şi un reductor armonic de turaţie;
— manipulatorul de scule care poate executa o mişcare în plan orizontal şi una în plan vertical realizînd transportul sculelor de la magazia de scule la dispozitivul de prindere şi invers.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 5, 4 fig., 6 ref. bibl.

CZ : 621.9.048.4

Popescu, C., Iancu, B.: **Echipamente de comandă numerică pentru maşini de decupat prin electroeroziune cu fir**

Echipamentele de comandă numerică tip CNC NUMEROM 650 şi NUMEROM 750 asigură conducerea maşinilor de decupat prin electroeroziune cu fir, prin comenzi de deplasare a celor şase axe ale maşinii, precum şi comanda generatorului de impulsuri, a sistemului de antrenare a firului electrod şi a sistemului dielectric. Sînt prezentate principalele caracteristici tehnice ale echipamentelor şi structura modulară a acestora, bazată pe sistemul tipizat constructiv şi funcţional MULTIPROM, modularizarea hardware şi software permiţînd extinderea folosirii acestor echipamente pentru conducerea unor maşini destinate altor procedee de prelucrare neconvenţională.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 5, 1 fig., 5 ref. bibl.

CZ : 621.9.048.4

Fânaru, N., Dimitriu, N., Vasilcin, Monica: **Sistema de dispozitive — necesitate pentru exploatarea raţională şi eficientă a maşinilor de prelucrare prin electroeroziune şi creşterea preciziei de prelucrare**

În lucrare se evidenţiază necesitatea echipării utilajelor specifice domeniului de prelucrare prin electroeroziune, cu o gamă de dispozitive auxiliare, precum şi necesitatea tipizării şi diversificării acestor dispozitive în cadrul unui sistem unic şi unitar conceput. Sînt prezentate grupele distincte de dispozitive din cadrul „Sistmei complete de dispozitive SDE pentru electroeroziune" realizată în cadrul I.C.T.C.M., destinată echipării maşinilor de prelucrare prin electroeroziune cu electrod masiv, de fabricaţie românească şi străină. Sînt prezentate, de asemenea, soluţiile constructive moderne, unitar concepute pentru întreaga sistemă de dispozitive, şi sînt evidenţiate — în final — avantajele implementării sistemei de dispozitive SDE, în stadiul actual de dezvoltare a industriei prelucrătoare.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 5, 5 fig., 6 ref. bibl.

CZ : 541.13

Popa, E., Dimitriu, Ruxandra, Ionescu, C.: **Aspecte privind procedeul de debavurare termică**

Lucrarea prezintă rezultatele cercetării teoretice şi tehnologice privind debavurarea termică a unor repere ce se execută în producţia de serie, precum şi aspecte privind schema de principiu a instalaţiei de debavurare termică.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 5, 11 fig., 2 tab., 8 ref. bibl.

CZ : 541.13

Ivan, M., Obaciu, Gh., Iliescu, I.: **Debavurarea şi raionarea electrochimică a găurilor de ungere la arbori cotiţi**

În lucrare se prezintă un nou procedeu de prelucrare prin eroziune electrochimică, procedeu care permite realizarea, dintr-o singură fază, a debavurării şi raionării interstiţiilor exterioare şi interioare ale găurilor de ungere de la arbori cotiţi. Se determină caracteristicile electrochimice de bază pentru două mărci de oţeluri din care sînt executaţi arborii cotiţi, dimensiunile electrozilor-sculă pentru arbori cotiţi de 215 CP şi parametrii de lucru ai prelucrării. Verificările experimentale au fost realizate pe o instalaţie complexă, formată din dispozitivul de centrare şi fixare a arborelui cotit, trei capete de lucru reprezentative şi o maşină de prelucrat electrochimic, prevăzută cu aparatură de control şi reglare a parametrilor de lucru. Prin utilizarea procedeului propus, se poate creşte productivitatea la debavurarea şi raionarea găurilor arborilor cotiţi de pînă la 5 ori, în condiţiile creşterii calităţii şi fiabilităţii acestora.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 40, 7 fig., 1 tab., 4 ref. bibl.

CZ : 541.13

Orăşanu, Gh., Popa E., Dimitriu, Ruxandra, Bărbuţă, E.: **Prelucrarea electrochimică a lamelelor pentru compresoare**

Lucrarea prezintă rezultatele cercetării tehnologice privind prelucrarea electrochimică pe contur a lamelelor de compresor — în vederea înlăturării amorselor de fisură, precum şi aspectul constructiv al dispozitivelor de prelucrare electrochimică.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 5, 7 fig., 4 ref. bibl.

CONTENTS

DC : 621.9.048.4

Maniţiu, C., Andreescu, M., Fânaru, N., Abdula, R.: **The development of technological possibilities area for electroerosion processing with massive electrode (ELER-03-SEM)**

The paper presents the main results obtained in the research activity, by the co-operation between the teams of engineers from ICTCM, IPA and ICPE, concerning the development of technological possibilities area for electroerosion processing with massive electrode. These coordinate activities lead to the achivement of a new familly of electroerosion processing machine ELER-03-SEm, with higher performances compared to the ELER-01 type up-to-date machines produced in ranges. These are comparable to those of the similar machines, being competitives concerning to the productivity's performances, to the electrode's wear and to the quality of the processed surface.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 5 Figs., 3 Tabs., 5 Bibl. Paps.

DC : 621.9.048.4

Fânaru, N., Laslău, R., Bobe, D.: **Electrode's supply automate system — an important step in electroerosion process of automated machining with massive electrode**

It is presented the first electrode's supply automate system, achieved in our country which must fit out the romanian electroerosion machining machines. This system is composed of the following components :

— gripping device, conceived in three constructive versions. In all the versions the electrode-tool-supports gripping is ensured by a collet chuck system with walls, hydraulically driven.

— flat plate type electrode's storage having 8 positions which is driven by a continuous current engine and a harmonic speed reductor.

— a tools manipulator which ensure the displacement in the horizontal and in the vertical plane.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 4 Figs., 6 Bibl. Paps.

DC : 621.9.048.4

Popescu, C., Iancu, B.: **Numerical control equipments for wire electro erosion punching machines**

CNC NUMEROM 650 and NUMEROM 750 type numerical control equipments ensure the driving of the punching machines by wire electroerosion, through the machine's six axis displacement control, as well as through the impulse generator control, the electrode wire driving system and the dielectrical system. There are shown the equipment main technical charactristics and their modular lattice, based on the practical and functional MULTIPROM standard type. The modular system of the hardware and software allows the development of these equipments usage in order drive some machines which are meant for other non-conventional machining processes.

Construcţia de maşini 40 (1988), Nr. 5, 1 Fig., 5 Bibl. Paps.

DC : 621.9.048.4

Fânaru, N., Dimitriu, N., Vasilcin, Monica : **Device's system — a necessity for rational and efficient working of the electroerosion machining machines and the increasing of machining accuracy**

The paper presents the necessity of fitting out the component units specific for electroerosion machining with a range of accessory equipments as well as the necessity of typical and diversified units in a single, unitary system. There are presented the various groups of units from „Complete system of SDE units for electroerosion" realised by ICTCM and destinated to the fitting-out the electroerosion machining with massive electrode. It is also presented the modern constructive solutions for the whole device's system unitary conceived and, finally, there are shown their adavantages as concequence of their implementation in the actual stage of development.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 5 Figs., 6 Bibl. Paps.

DC : 541.13

Popa, E., Dimitriu, Ruxandra, Ionescu, C.: **Some aspect concerning the thermic deburring process**

The paper presents the results of the theoretical and technological research concerning some items thermical deburring, which are executed in the serial production, as well as some aspects concerning the working scheme of thermical deburring unit.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 11 Figs., 2 Tabs., 8 Bibl. Paps.

DC : 541.13

Ivan, M., Obaciu, Gh., Iliescu, I.: **Deburring and electrochemical rouding of crankshafts oil holes**

In the paper it is presented a new procedure of electrochemical erosion processing which permits execution in a single phase of deburring an rounding of exterior and inner intersections of crankshafts oil holes. The significant electrochemical properties are determined for two steel marks out of which the crankshafts are realized, the dimensions of tool electrodes for crankishafts of 215 CP and processing work parameters. The experimental controls were achieved on a complex plant formed of centering and fastening attashment of crankshafts, three representative work ends and on electrochemical processing machine provided with control apparatus of work parameters. Using the proposed procedure the productivity is increasing on deburring and rounding of on crankshafts oil holes from up to 5 times under the conditions of their quality and reability increment.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 7 Figs., 1 Tab., 4 Bibl. Paps.

DC : 541.13

Orăşanu, Gh., Popa E., Dimitriu, Ruxandra, Bărbuţă, E.: **The electrochemical processing of compressor blades**

The paper presents the results of the technological research concerning the outline electrochemical processing of compressor blades in the purpose to remove the crack primers. It is also presented the constructive aspect of electrochemical processing units.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 7 Figs., 4 Bibl. Paps.

SOMMAIRES

CD : 621.9.048.4

Manițiu, C., Andreescu, M., Fânaru, N., Abdula, R. : **L'extension de la gamme des possibilités technologiques d'usinage électroérosive à électrode massive (ELER-03-SEM)**

Sont présentés les principaux résultats obtenus par la collaboration des callectifs de éspécialistes d'ICTCM — Bucarest, IPA — Bucarest et ICPE — Bucarest dans l'activité de recherche, ayant comme but l'extension de la gamme des possibilités technologiques d'usinage électroerosive à électrode massive. Ces activités communes ont contribué à la réalisation d'une nouvelle famille de machines d'usinage électroerosive ELER-03-SEM, à performances supérieures aux machines actuelles de la fabrication de série, de type ELER — 01 et comparables à celles similaires fabriquées par les firmes renommées. Ces performances se refrèrent à la productivité, à l'usure de l'électrode et à la qualité de la surface usinée.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 5, 5 fig., 3 tab., 5 réf. bibl.

CD : 621.9.048.4

Fânaru, N., Laslău, R., Bobe, D. : **Le système automatique d'alimentation des électrodes, une étape importente de l'automatisation du processus d'usinage par électroérosion à électrode massive**

On se refère au premier système automatique d'alimentation à électrodes, réalisé dans notre pays, système destiné à équiper les machines roumains d'usinage par électroérosion.

Ce système est composé des élements suivants :

— dispoistif de fixation conçu en trois versions constructives. La fixation du portélectrode se fait par l'intermède d'une douille élastique à parois minces, actionnée hydrauliquement.

— magasin d'électrodes à 8 postes de type „disque horizontal", dont l'actionnement est réalisé par un moteur de courant continu et un réducteur harmonique du nombre de tours.

— le manipulateur d'outils, qui peut exécuter un mouvement dans le plan horizontal et un autre dans le plan vertical et qui réalise le transfert des outils du magasin au dispositif de fixation et inversement.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 5, 4 fig., 6 réf. bibl.

CD : 621.9.048.4

Popescu, C., Iancu, B. : **Equipments de commande numérique pour les machines de découpage par électroérosion à fil**

Les équipements de commande numérique de type CNC NUMEROM 650 et NUMEROM 750 assurent la commande des machines de découpage par électroérosion à fil, par la commande du déplacement des six axes de la machine et du générateur d'impulsion des systèmes d'entraînement du fil électrode et celui du diélectrique. On présente les principaux caractéristiques techniques des équipements et leur structure modulaire, basée sur le système tipisé constructif et fonctionnel MULTIPROM qui permet l'emploi de ces équipements aussi pour la commande des machines destinées à d'autres procedés d'usinage nonconventionnel.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 5, 1 fig., 5 réf. bibl.

CD : 621.9.048.4

Fânaru, N., Dimitriu, N., Vasilcin, Monica : **Système de dispositifs — nécessité pour l'exploitation rationnelle et efficiente des machines d'usinage par électroérosion et l'augmentation de la précision d'usinage**

On met en évidence la nécessité d'équiper les outillages spécifiques au domaine d'usinage par électroérosion avec une gamme de dispositifs auxiliaires. On envisage aussi la nécessité de la standardisation et de la diversification de ces dispositifs dans le cadre d'un système unique et conçu unitairement. Sont présentés les catégories distinctes de dispositifs dans le cadre du „Système complet de dispositifs SDE pour électroérosion „réalisé par ICTCM, destiné à l'équipement des machines d'usinage par électroérosion à électrode massive, de fabrication roumaine et étrangère. Dans l'article sont présentées aussi les solutions constructives modernes, unitaire conçues pour le système global de dispositifs de l'implémenation de ce système dans l'étape actuelle de developpement de l'usinage.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 5, 5 fig., 6 réf. bibl.

CD : 541.13

Popa, E., Dimitriu, Ruxandra, Ionescu, C. : **Aspects en ce qui concerne le procédé d'ébarbage thermique**

On présente les résultats obtenus au cours de recherches théoriques et technologiques en ce qui concerne l'ébarbage thérmique appliqué pour quelques pièces spécifiques, produites en série. On se refère aussi aux aspects concernant le principe de l'installation d'ébarbage thermique.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 5, 11 fig., 2 tab., 8 réf. bibl.

CD : 541.13

Ivan, M., Obaciu, Gh., Iliescu, I. : **Ebavurage et arrondissement électrochimique des trous graisseurs des vilebrequins**

L'ouvrage presente un procédé nouveau d'usinage par érosion électrochimique, qui perment la réalisation dans une seule phase de l'ebavurage et de l'arrondissement des intersections extérieures et interieures des trous graisseurs dans le cas des vilébrequins. On détermine les caractéristiques électrochimiques de base pour deux marques d'aciers, dont sont exécutés les vilebrequins, les dimensions des électrodes outil pour les vilebrequins de 215 CP et paramétres de travail de l'usinage. Les vérifications expérimentales ont été realisées sur une installation complex, formée du dispositif de centrage et de fixation du vilebrequin, trois points de travail representatifs et une machine d'usinage électrochimique prévue avec appareil de contrôle et de réglage des paramètres de travail. Par l'utilisation du procéde proposé la productivité à l'ebavurage et l'arrondissement des trous graisseurs des vilebrequine jusqu'à 5 fois, dans le conditions de l'accroissance de la qualité et fiabilité de ceaux-ai

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 5, 7 fig., 1 tab., 4 réf. bibl.

CD : 541.13

Orășanu, Gh., Popa E., Dimitriu, Ruxandra, Bărbuță, E. : **L'usinage des lamelles de compresseur par voie électrochimique**

On présente les résultats de la recherche technologique en ce qui concerne l'usinage électrochimique du contour des lamelles de compresseur en vue de l'enlèvement des amorses de fissure. On se refère aussi à certains aspects constructifs des dispositifs nécessaires pour cet usinage électrochimique.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 5, 7 fig., 4 réf. bibl.

INHALTSVERZEICHNIS

DK : 621.9.048.4

Maniţiu, C., Andreescu, M., Fânaru, N., Abdula, R.: **Die Erweiterung der Reihe technologischer Möglichkeiten für die elektroerosive Bearbeitung mit Massivelektrode (ELER-03-SEM)**

Im Beitrag werden die wichtigsten Ergebnisse beschrieben, die bei der Zusammenarbeit der Kollektive von Fachleuten aus ICTCM — Bukarest, IPA — Bukarest und ICPE — Bukarest in der Forschungstätigkeit zur Ausweitung der technologschen Möglichkeiten für die elektroerosive Bearbeitung mit Massivelektrode erzielt wurden. Diese gemeinsame Tätigkeit führte zur Entwicklung einer neuen Familie von Maschinen für die elektroerosive Bearbeitung — ELER-03-SEM — deren Leistungen denjenigen der Maschinen aus der gegenwärtigen laufenden Fabrikation vom Typ ELER-01 überlagen und mit denen der ähnlichen, von namhaften ausländischen Firmen hergestellten Maschinen vergleichbar sind. Diese Leistungen beziehen sich auf die Bearbeitungsproduktivität, den Elektrodenverschleiß und die Qualität der bearbeiteten Oberfläche.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 5 Fig., 3 Tab., 5 Lit.

DK : 621.923.76

Fânaru, N., Laslău, R., Bobe, D.: **Das automate Elektrodenbeschikkungssystem, ein wichtiger Schritt in der Automatisierung des elektroerosiven Bearbeitungsprozesses mit Massivelektrode**

Im Beitrag wird das erste in unserem Lande entwickelte automate Elektrodenbeschickunssystem beschrieben, ein System das zur Bestückung der rumänischen Maschinen zur elektroerosiven Bearbeitung bestimmt ist. Dises System besteht aus folgenden Elementen :

- — der in drei Bauvarianten ausgelegten Aufanhmevorrichtung, wobei bei jeder Bauvariante die Aufnahme des Elektrodenhalters mittels einer hydraulisch betätigten dünnwandigen elastischen Büchse erfolgt;
- — den als Horizontalteller mit 8 Posten ausgeführten Elektrodenmagazin, das über einen Gleichstrommotor und einen harmonischen Untersetzungsgetriebe angetrieben wird ;
- — dem in waagerechter und senkrechter Ebene Werkzeuggreifer, der die Beförderung der Werkzeuge vom Werkzeugmagazin zur Aufnahmevorrichtung und zurück gewährleistet.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 4 Fig., 6 Lit.

DK : 621.923.76

Popescu, C., Iancu, B.: **Numerische Steurungen für Ausschneidemaschinen, die im elektroerosiven Verfahren mit Fadenelektrode arbeiten**

Die numerischen Steureungen vom Typ CNC NUMEROM 650 und NUMEROM 750 sichern die Steuerung der Ausschneidemaschinen, die im elektroerosiven Verfahren mit Fadenelektrode arbeiten, durch die Bewegungssteuerung der sechs Maschinenspindeln wie auch durch die Steuerung des Impulsgenerators, des Systems zur Führung der Fadenelktrode und des Dielektrikumssystems. Präsentiert werden die wichtigsten technischen Kenndaten dieser Geräte und ihre Modulstruktur, die auf dem typisierten Bau — und Arbeitssystem MULTIPROM beruht, wie auch die Hardware — und Sofwaremodule, die eine Ausweitung der Anwendung dieser Geräte auch auf die Steuerung von Maschinen ermöglichen, die für andere, nichtkonventionelle Bearbeitungsverfahren bestimmt sind.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 1 Fig., 5 Lit.

DK : 621.923.76

Fânaru, N., Dimitriu, N., Vasilcin, Monica : **Das System der Vorrichtungen, die für die umsichtige und effiziente Nutzung der Maschinen zur elektroerosiven Bearbeitung und für die Erhöhung der Bearbeitungsgenauigkeit erforderlich sind**

Im Beitrag wird die Notwendigkeit hervorgehoben, die für den Bearbeitungsbereich im elektroerosiven Verfahren spezifischen Maschinen mit einer Reihe von Hilfsvorrichtungen auszustatten, wie auch die Notwendigkeit betont, diese Vorrichtungen innerhalb eines einheitlichen Systems zu typisieren und zu diversifizieren. Beschrieben werden die verschiedenen Gruppen von Vorrichtungen innerhalb des im ICTCM entwickelten vollständigen Systems von Vorrichtungen für das elektroerosive Bearbeitungsverfahren, das für die Bestückung der Maschinen für die elektroerosive Bearbeitung mit Massivelektrode rumänischer und ausländischer Fertigung bestimmt ist. Beschrieben werden desgleichen auch die modernen bautechnischen Lösungen, die für das gesamte System der Vorrichtungen einheitlich entwickelt wurde. Abschließend werden auch die Vorteile der Einführung des Systems dieser Vorrichtungen für die elektroerosive Bearbeitung in der gegenwärtigen Entwicklungsstufe die Bearbeitungsindustrie hervorgehoben.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 5 Fig., 6 Lit.

DK : 541.13

Popa, E., Dimitriu, Ruxandra, Ionescu, C.: **Einige Aspekte des thermischen Entgratungsverfahrens**

Im Beitrag werden die Ergebnisse der theoretischen und technologischen Untersuchungen im Bereich der themischen Entgratung der in der Serienfertigung hergetsellten Werkteile wie auch das Grundschema der Analage zur thermischen Entgratung beschrieben.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 11 Fig., 2 Tab., 8 Lit.

DK : 541.13

Ivan, M., Obaciu, Gh., Iliescu, I.: **Die elektrochemische Entgratung und Ausführung der Nuten bei den Kurbelwellenschmierlöchern**

Im Beitrag wird ein neues Verfahren zur electrochemischen erosiven Bearbeitung beschrieben, das sowohl die Entgratung als auch die Ausführung der Nuten an den Außen — und Innenspalten der Schmierlöcher bei den Kurbelwellen in einer einzigen Arbeitsphase ermöglicht. Ermittelt werden die elektrochemischen Grundkennwerte für zwei Stahlmarken, aus denen die Kurbelwellen ausgeführt sind, ferner die Abmessungen der Werkzeugelektroden für die Kurbelwellen von 215 PS und die Arbeitsparameter des Bearbeitungsvorganges. Die experimentellen Überprüfungen wurden auf einer komplexen Analage durchgeführt, die aus der Vorrichtung zur Zentrierung und Aufnahme der Kurbelwelle, drei repräsentativen Arbeitsköpfen und einer Maschine zur elektrochemischen Bearbeitung besteht, die mit Geräten zur Steuerung und Regelung der Arbeitsparameter versehen ist. Durch die Anwendung des vorgeschlagenen Verfahrens kann einen Produktivitätsanstieg bis auf das 5 fache bei der Entgratung und Ausführung der Nuten bei den Kurbelwellenlöcher erzielt werden bei gleichzeitiger Erhöhung ihrer Qualität und Zuverlässigkeit.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 7 Fig., 1 Tab., 4 Lit.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК : 621.9.048.4

Манициу, К., Андрееску, М., Фынару, Н., Абдула, Р. : *Расширение гаммы технологических возможностей электроэрозионной обработки массивным электродом (ELER-03-SEM)*

Работа представляет основные резюльтаты сотрудничества специалистов I.C.T.C.M. — Бухарест, I.P.A. — Бухарест и I.C.P.E. — Бухарест в исследовании расширения гаммы технологических возможностей обработки с масивным электродом. Создание нового семейства машин для электроэрозионной обработки (ELER-03-SEM, с повышеными параметрами является результатом этой совместной деятельности. Новое семейство машин представляет высшие технические качества по сравнению с современными машинами серийного производства типа ELER-01 и могут сравниваться с другими подобными машинами из той — же категории в отношении производительности, износа электрода и ккачества обработанной поверхности.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 5, 5 фиг., 3 таб., 5 лит.

ДК : 621.9.048.4

Фынару, Н., Ласлэу, Р., Бобе, Д. : *Автоматическая система подачи электродов — значительный шаг в области автоматизации процеса электроэрозионной обработки массивным электродом*

Работа описывает первую систему подачи электродов, созданной в нашей стране, предназначена оснащать машины электроэрозионной обработки румынскоге производства.

Данная система состоит из следующих элементов :

— из механизма захвата в трёх конструктивных вариантах. У всех, прикрепление инструмента — портэлектрода осуществляется гидравлическим приводом. эластичной втулки, с тонкими стенками ;

— из склада электродов типа горизонтального диска с восемью постами, у которых управление осуществляется двигателем постоянного тока и гармоническим редуктором оборотов ;

— из манипулятора инструментов выполняющего движение в транспорт инструментов от склада к механизму захвата и обратно.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 5, 4 фиг., 6 лит.

ДК : 621.9.048.4

Попеску, К., Янку, Б. : *Оборудование с числовым програмным управлением для станков проволочной электроэрозионной вырезки*

Аппаратура с числовым програмным управлением, типа CNC NUMEROM 650 и NUMEROM 750, осуществляет управление станков для вырезки проволочной электроэрозией перемещением по шести осей станка. Также осуществляются управление генератора импульсов, системы привода проволочного электрода и диэлектрической системы. Представлены основные характеристики оборудования и их модулярная структура на основе типизированной конструктивной и функциоанальной системы MULTIPROM. Модульная система hardware и software позволяет расширение области применения данной аппаратуры также для управления станков предназначеных для других способов электро-физико-химической обработки.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 5, 1 фиг., 5 лит.

ДК : 621.9.048.4

Фынару, Н., Димитриу, Н., Василчин, М. : *Системы установок для рационального и эффективноге использования станков электроэрозионной обработки и повышении точности обработки*

В работе отмечается, что снабжение специфического оборудования для области электроэрозионной обработки с гаммой вспомогательных устройств, необходимо. Также, необходимо осуществлять типизацию и разнообразие данных устройств в рамках единичной и унитарно созданной системы. Изложены различные группы приспособлений из рамок «Комплексной системы приспособлений SDE для электроэрозии» созданной в I.C.T.C.M. для снаряжения станков электроэрозионной обработки с массивным электродом румынского и иностранного производства. Работа представляет также современные конструктивные методы, унитарны для общей системы приспособлений. В конце работы отмечаются преимущества внедрения системы установок SDE в современной стадии развития обрабатывающей промышленности.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 5, 4 фиг., 1 таб., 6 лит.

ДК : 541.13

Попа, Е., Димитриу, Руксандра, Ионеску, К. : *Относительно технологического способа термической очистки заусениц*

Работа представляет результаты теоретического и технологического удаления заусениц, для деталей серийного производства. Также изложены разные аспекты относительно принципиальной схемы для этой установки.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 5, 11 фиг., 2 таб., 8 лит.

ДК : 541.13

Иван, М., Обачю, Г. Илиеску, И. : *Электрохимическая* очистка заусениц и закругление смазочных отверстий коленчатого вала

Работа представляет новый метод электрохимической обработки которая позволит одновременное закругление и очистку заусениц, внутренных и внешних пересечённых отверстий коленчатого вала. Определяются основные электрохимические характеристики для двух марок стали для коленчатых валов, размеры электродов для коленчатого вала за 215 LS и параметры обработки. Экспериментальные попытки осуществлялись на сложной установке из центрирующего и фиксирующего устройства для коленчатого вала, трёх представлительных наконечников и станка для электрохимической обработки предусмотренной аппаратурой и регулировки рабочих параметров. Посредством предложенного метода может возрасти производительность очистки и закругления отверстия коленчатого вала в пять раз в условиях лучшего качества и надёжности работы.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 5, 7 фиг., 1 таб., 4 лит.

ДК : 541.13

Опрэшану, Г., Попа, Е., Димитриу, Руксандра, Бэрбуцэ, Е. : *Электрохимическая обработка пластинок компрессоров*

Работа представляет результаты технологического исследования относительно электрохимической контурной обработки пластинок компрессора — ввиду устранения возникновения трещин. Даётся также конструктивный аспект приспособлений электрохимической обработки.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 5, 7 фиг., 4 лит.

CZ : 541.13

Obaciu, Gh., Ivan, M.: **Mașină de prelucrat electrochimic pentru operații de mecanică fină**

În lucrare se prezintă construcția unei mașini de prelucrat electrochimic, destinată prelucrării pieselor de dimensiuni reduse din mecanica fină. Se descriu ansamblurile electrice și electronice ale mașinii, precum și principalele caracteristici de lucru ale ei.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 5, 7 fig., 4 ref. bibl.

CZ : 541.13

Gutt, Gh., Gutt, Sonia, Ivășcan, Șt.: **Posibilități de realizare a avansului electrodului-sculă, la prelucrarea electrochimică cu depasivare hidrodinamică**

Lucrarea constituie o analiză critică a diferitelor modalități de avans al electrodului-sculă, la prelucrarea electrochimică cu depasivare hidrodinamică. Sînt analizate, pe rînd posibilitățile de avans cu viteză de avans constantă și cu viteză de avans variabilă. În cazul prelucrării cavităților complexe, se recomandă avansul cu viteză de avans variabilă. În acest sens, se propun diferite sisteme de avans automat al elctrodului — sculă avînd unul sau mai mulți parametri de reacție. În final, se propune un sistem de reglare automată a avansului dotat cu microprocesor.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 5, 9 fig., 8 ref. bibl.

CZ : 541.13

Popa, E., Orășanu, Gh., Bărbuță, E.: **Căi de creștere a productivității la debavurarea electrochimică**

Lucrarea prezintă, sub aspect teoretic, avantajele debavurării electrochimice cu avans al electrodului-sculă, față de debavurarea electrochimică fără avans al electrodului-sculă.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 5, 2 fig., 4 ref. bibl.

CZ : 621.791 : 621.373.8

Morariu, V., Culcă, H.: **Posibilități de utilizare și programare ale echipamentelor NUMEROM 470 adaptate pentru mașini de prelucrare prin tăiere cu laser**

Articolul prezintă funcțiunile de bază ale echipamentului de comandă numerică NUMEROM 470 adaptat pentru mașinile de prelucrare prin tăiere cu laser. Sînt prezentate elementele componente principale ale echipamentului, cuplarea cu celelalte instalații ale mașinii și funcționarea generală a programelor specifice înscrise în memoria EPROM. Din descriere rezultă gradul înalt de automatizare pe care îl asigură utilizarea unui asemenea echipament pentru comanda mașinilor de tipul menționat.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 5, 2 fig., 3 ref. bibl.

CZ : 621.7.043.4

Merfea, B.: **Cercetări teoretice privind deformarea semifabricatelor tubulare cu pereți subțiri și cu impulsuri electrohidraulice**

În lucrare este prezentată metodologia de calcul a gradelor de deformare relative și a vitezei de deformare, obținute la lărgirea cu impulsuri electrohidraulice, a semifabricatelor tubulare cu pereți subțiri. Se deduce, de asemenea, o relație matematică între viteza de propagare a frontului undelor de șoc pe de o parte, și viteza de propagare a undelor plastice și de deformare a semifabricatelor tubulare cu pereți subțiri, de cealaltă parte.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 5, 3 fig., 8 ref. bibl.

CZ : 621.7.043.2

Popescu, I., Șuteu, T., Chirilă, M., Popa, C., Martinescu, I., Cosma, D., Merfea, B., Ghizdavu, S.: **Aspecte privind obținerea semifabricatelor tubulare prin explozie cu explozivi brizanți**

În lucrare se prezintă cîteva considerente privind deformarea prin explozie cu explozivi brizanți. De asemenea, sînt prezentate cîteva aspecte economice ale înlocuirii în procesul tehnologic a semifabricatului plin, obținut prin matrițare, cu un semifabricat tubular obținut prin explozie.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 5, 1 fig., 1 tab., 4 ref. bibl.

DC : 541.13

Obaciu, Gh., Ivan, M.: **Electrochemical processing machine for fine mechanics**

The paper presents the principle of an electrochemical processing machine for the machining of small parts from fine mechanics industry. There are described also the electrical and electronical assemblies of the machine, as well as its main work characteristics.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 5, 7 Figs., 4 Bibl. Paps.

DC : 541.13

Gutt, Gh., Gutt, Sonia, Ivășcan, Șt.: **Accomplishment possibilities of the displacement of the tool used to the electrochemical processing with hydrodynamical depassivation**

The paper containes a critical analysis of different electrode advance possibilities in electrochemical machning with hydrodinamic depassivation. Both advance possibilities with constant and variable speed are analised. In the case of complexe cavity machining the advance with variable speed is recomanded. The final part proposes an automatic control advance sistem equiped with a microprocessor. In order to apply this method, several automatic systems are proposed, having one or several feed — back parameters.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 5, 9 Figs., 8 Bibl. Paps.

DC : 541.13

Popa, E., Orășanu, Gh., Bărbuță, E.: **Methode used in order to rise the electrochemical deburring productivity**

The paper presents, theoretically, the advantages of the electrochemical deburring, with displacement of the electrode-tool as compared to the electrochemical deburring without this displacement.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 5, 2 Figs., 4 Bibl. Paps.

DC : 621.791 : 621.373.8

Morariu, V., Culcă, H.: **Usage and programming possibilities of numeron 470 equipments, adapted to laser-cutting machines**

The paper presents the basic functions of NUMEROM 470 numerical control equipment adapted to laser-cutting amchines. There are shown the equipment's main component elements, the coupling with the other units of the machine and the general operation of the specific programs inscribed in the EPROM memory. It results, also, the high degree of automatization, ensured by the utilization of such an equipment, in order to control the above mentioned machine types.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 5, 2 Figs., 3 Bibl. Paps.

DC : 621.7.043.4

Merfea, B. : **Theoretical investigations concerning the electro-hydraulic forming of the thin walls tubes**

The report gives a numerical calculation method of the deformations and of the velocity of deformations, obtained in electrohidraulic forming process of tubes. The report presents too, a mathematically relation, through the velocity of the shock front waves, the velocity of plastic waves and the deformation velocity of the thin walls tubes.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 5, 3 Figs., 8 Bibl. Paps.

DC : 621.7.043.2

Popescu, I., Șuteu, T., Chirilă, M., Popa, C., Martinescu, I., Cosma, D., Merfea, B., Ghizdavu, S. :

The paper presents some aspects concerning the deformation by help of explosive substances. There are presented too, some economical aspects of this tehnological proces, comparatively with that in which the primary pieces are obtained through mould.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 5, 1 Fig., 1 Tab., 4 Bibl. Paps.

CD : 541.13

Obaciu, Gh., Ivan, M. : **Machine élèctrochimique pour usinage des petites pieces**

On présente une machine travaillant par érosion élèctrochimique, destinée pour usiner les pieces de mechanique fine. On présent aussi les ansambles élèctriques et élèctroniques de machine, ainsi que son parammetres fonctionelles.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 5, 7 fig., 4 ref. bibl.

CD : 541.13

Gutt, Gh., Gutt, Sonia, Ivăşcan, Șt. : **Possibilités de réalisation de l'avance de l'électrode-outil au cours de l'usinage électrochimique à dépassivation hydrodinamique**

L'article présente une analyse critique de divers moyens d'avance de l'électrode-outil au cours de l'usinage électrochimique à dépassivation hydrodinamique. On analyse, petit-à-petit, les possibilités d'avance à vitesse d'avance constante et à vitesse d'avance variable. Au cos de l'usinage des cavités complexes, on recommande l'avance à vitesse d'avance variable. Pour ceci, on propose de divers systèmes d'avance automatique pour l'électrode-outil, ayant un on plusieurs paramètres de réaction. A la fin, on y propose un système de réglage automatique de l'avance muxi de microprocesseur.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 5, 9 fig., 8 réf. bibl.

CD : 541.13

Popa, E., Orăşanu, Gh., Bărbuță, E. : **Voies d'amélioration de la productivité du procès d'ébarbage électrochimique**

On présente du point du vue théorique les avantages de l'ébarbage électrochimique, dans les conditions de l'avance de l'électrode-outil, par rapport à l'ébarbage électrochşimique sans l'avance de cette électrode.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 5, 2 fig., 4 réf. bibl.

CD : 621.791 : 621.373.8

Morariu, V., Culcă, H. : **Possibilités d'utilisation et de planification des équipements NUMEROM 470 adaptés pour les machines d'usinage par découpage à laser**

L'article présente les fonctions de base des equipements de commande numérique NUMEROM 470 adapté pour les machines d'usinage par découpage à laser. Sont présentés les principaux élements composants de l'équipement, l'accouplement avec les autres installations de la machine et le fonctionnement général des programmes spécifiques introduits dans la mémorie EPROM. Il faut souligner le dégré élevé d'automatisation assuré par l'utilisation d'un tel équipement.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 5, 2 fig., 3 réf. bibl.

CD. : 621.7.043.4

Merfea, B. : **Des recherches théoretiques sur la deformation des ébauches tubulaires avec des parois minces par des impulsions électrohidrauliques**

Dans l'ouvrage on presente une méthodologie de calcule des dégrées de deformation et de la vitesse de deformation, obtenus dans le processus de élargissement avec des impulsions hidraulisues des ébauches tubulaires avec de parois minces.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 5, 3 fig., 8 réf. bibl.

CD. : 621.7.043

Popescu, I., Marinescu, I., Cosma, D., Marfea, B., Ghizdavu, S., Șuteu, T., Chirilă, M., Popa, C., **Des aspects sur la fabrication des ébauches tubulaires par l'explosion avec des explosifs brisants**

Dans l'ouvrage on presente quelques considerations sur la deformation par l'explosion avec des explosifs brisants. Dans le mème temps on presente quelques aspects économiques du remplecement dans le processus tchnologique de l'ebauche plain obtenue par matrisaage, par un ébauche tubulaire obtenue par l'explosion.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 5, 1 fig., 1 tab., 4 réf. bibl.

DK : 541.13

Orăşanu, Gh., Popa E., Dimitriu, Ruxandra, Bărbuță, E. : **Die elektrochemische Bearbeitung der Verdichterlamellen**

Im Beitrag werden die Ergebnisse der technologischen Untersuchung hinsichtlich der elektrochemischen Konturbearbeitung der Verdichterlamellen zur Beseitigung des Spaltzünders wie auch die bautechnischen Aspekte der Vorrichtungen für das elektrochemische Bearbeitungesverfahren beschrieben.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 5, 7 Fig., 4 Lit.

DK : 541.13

Obaciu, Gh., Ivan, M. : **Eine Maschine für die elektrochemische Bearbeitung in der Feinmechanik**

Im Beitrag wird eine Maschine für die elektrochemische Bearbeitung präsentiert, die für die Bearbeitung der Werkteile mit kleinen Abmessungen in der Feinmechanik bestimmt ist. Beschrieben werden die elektrischen und elektronischen Bauteile der Maschine wie auch ihre wichtigsten Arbeitskennwerte.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 5, 7 Fig., 4 Lit.

DK : 541.13

Gutt, Gh., Gutt, Sonia, Ivăşcan, Șt. : **Einige Möglichkeiten zur Gewährleistung des Werkzeugelektrodenvorschubs in der elektrochemischen Bearbeitung mit hydrodynamischer Beseitigung der Passivschicht**

Der Beitrag stellt eine kritische Analyse der verschiedenen Möglichkeiten zur Gewährleistung des Werkzeugelektrodenvorschubs in der elektrochemischen Bearbeitung mit hydrodynamischer Beseitigung der Passivschicht dar. Analysiert werden der Reihe nach die Möglichkeiten, den Vorschub mit konstanter Vorschubsgeschwindigkeit und veränderlicher Vorschunbsgeschwindiggeit zu gewährleisten. Bei der Bearbeitung der komplex gestalteten Aushöhlungen wird der Vorschub mit veränderlicher Voschubgeschwindigkeit emfohlen. In disem Sinne werden verschiedene Systeme zur Gewährleistung des automaten Vorschubs der Werkzeugelektrode mit einem oder mehreren Reaktionsparameter vorgeschlagen. Abschließend wird ein mit Mikroprozessor ausgestattete System zur automaten Vorschubregelung vorgeschlagen.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 5, 9 Fig., 8 Lit.

DK : 541.13

Popa, E., Orăşanu, Gh., Bărbuţă, E.: **Wege zur Produktivitätssteigerung in der elektrochemischen Entgratung**

Im Beitrag werden vom theoretischen Standpunkt aus die Vorteile der elektrochemischen Entgratung mit Vorschub der Werkzeugelektrode im Vergleich zur elektrochemischen Entgratung ohne Vorschub der Werkzeugelektrode beschrieben.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 2 Fig., 4 Lit.

DK : 621.791 : 621.373.8

Morariu, V., Culcă, H.: **Anwendungs — und Programmierungsmöglichkeiten der den Laserschneidemaschinen angepaßten Geräte NUMEROM 470**

Im Beitrag werden die wichtigsten Funktionen der den Laserschneidemaschinen angepaßten Geräte zur numerischen Steuerung NUMEROM 470 präsentiert. Beschrieben werden die wichtigsten Bestandteile des Geräts, die Kupplung mit den anderen Anlagen der Maschine und das allgemeine Funktionieren der im EPROM — Speicher aufgezeichneten einschlägigen Programme. Aus der Beschreibung geht der hohe Automatisierungsgrad hervor, der durch die Anwendung eines derartigen Geräts für die Steuerung dieses Maschinentyps gewährleistet wird.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 2 Fig., 3 Lit.

DK : 621.7.043.4

Merfea, B.: **Theoretische Untersuchungen hinsichtlich der Verformung dünnwandiger röhrenförmiger Halbzeuge durch elektrohydraulische Impulse**

Im Beitrag wird die Berechnungsmethodologie des relativen Verformungsgrades und der Verformungsgeschwindigkeit beschrieben, Verformmung die durch die Erweiterung der dünnwandigen röhrenförmigen Halbzeuge durch elektrohydraulische Impulse entsteht. Ermittelt wird desgleichen eine mathematische Beziehung zwischen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Stoßwellen einerseits und der Fortplanzungsgeschwindigkeit der plastischen Wellen und der Verformung der dünnwandigen röhrenförmigen Halbzeuge andererseits.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 3 Fig., 8 Lit.

DK : 621.7.043.2

Popescu, I., Şuteu, T., Chirilă, M., Popa, C., Martinescu, I., Cosma, D., Merfea, B., Ghizdavu, S.: **Einige Aspekte der Herstellung von röhrenförmigen Halbzeugen durch die Explosion brisanter Sprengstoffe**

Im Beitrag werden einige Betrachtungen hinsichtlich des Verformens im Explosionsverfahren mit brisanten Sprengstoffen präsentiert. Angeführt werden desgleichen einige wirtschaftliche Aspekte, die mit dem Ersetzten im technologischen Prozeß des im Stauchverfahren hergestellten vollen Halbzeugs durch einen im Explosionsverfahren erzielten röhrenförmigen Halbzeug verbunden sind.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 5, 1 Fig., 1 Tab., 4 Lit.

ДК: 541.13

Обачю, Г., Иван, М.: *Электрохимическое оборудование для обработкки в области точной механики*

В работе представляется употреблённое оборудование в области точной механики для электрохимической обработки, представляются и электрические и электронные агрегаты станка, а также его рабочие параметры.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 5, 7 фиг., 4 лит.

ДК: 541.13

Гутт, Г., Гутт, Сония, Ивэшкан, Шт.: *Возможности осуществления подачи электрода-инструмента в случае электрохимической обработки с гидродинамической депассивацией*

Настоящая работа представляет собой критический анализ разных способов подачи электрода-инструмента в электрохимической обработке с гидрохимической депассивизацией. Здесь поочередно проанализованы возможности подачи с постоянной скоростью подачи и с переменной скоростью подачи. В случае обработки комплексной полости предлагаем подачу спеременной скоростью подачи. В этом смысле предлагаются разные системы автоматической подачи электрода-инструмента, имеющие один или несколько параметров реакции. В заключении работы предлагается система авторегулирования подачи оснащенной микропроцессором.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 5, 9 фиг., 8 лит.

ДК: 541.13

Попа, Е., Орэшану, Г., Бэрбуцэ, Е.: *Способы повышения производительности при электрохимической очистки заусениц*

Работа представляет, с теоретической точки зрения, преимущества электрохимической очистки заусениц с подачей электрода-инструмента, по сравнению с электрохимической очисткой заусениц без подачи электрода-инструмента.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 5, 2 фиг., 4 лит.

ДК: 621.791 : 621.373.8

Морариу, В., Кулеа, Х.: *Возможности использования и программирования приспособленной апаратуры NUMEROM 470 для лазерного станка, ввиду обработки срезанием*

Представлены основные назначения аппаратуры с числовым програмным управлением типа NUMEROM 470, приспособленной для лазерных станков, ввиду ебработки срезанием. Описаны основные составляющие элементы аппаратуры, способы её присоединения к другим установкам станка, а также работа специфических програм накопителей EPROM. Из описания следует высокая степень автоматизации, употреблением данной аппаратуры для управления этих станков.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 5, 2 фиг., 3 лит.

ДК: 621.7.043.4

Мерфеа, Б.:*Теоретические исследования относительно деформирования трубообразных заготовок с тонкими стенками электрогидравлическими импульсами*

Работа представляет методологию расчёта относительных степеней и скорости деформации в случае расширения трубообразных заготовок с тонкими стенками. Также вычитается математическое соотношение между скоростю распространения фронта ударных волн и скоростью распространения пластичных и деформирующих волн.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 5, 3 фиг., 8 лит.

ДК: 621.7.043.2

Попеску, И., Шутеу, Т., Кирилэ, М., Попа, К., Мартинеску, И., Косма, Д., Мерфеа, Б., Гиздаву, С.: *Относительно получения трубообразных полуфабрикатов взрывом*

Статья представляет несколько аспектов относительно деформирования взрывом посредством взрывчатых материалов. Также представлены некоторые экономические аспекты заменения в течении технологического процесса, полного полуфабриката полученным штамповкой по сравнению с трубообразным полученым взрывом.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 5, 1 фиг., 1 таб., 4 лит.

Aspecte ale extinderii utilizării tehnologiilor electro-fizico-chimice de prelucrare

Dr. ing. Carol MANIȚIU, ing. Ioan GOGOAȘĂ, ing. Eugen POPA — I.C.T.C.M. București

În procesul de modernizare a tehnologiilor, dictat de evoluția ascendentă a industriei românești, un rol din ce în ce mai mare îl au electrotehnologiile, din cadrul cărora fac parte și tehnologiile electro-fizico-chimice de prelucrare. Eforturile făcute în ultimii ani, în abordarea electrotehnologiilor, este justificat de avantajele pe care acestea le oferă :

- *— îmbunătățirea utilizării energiei primare în mod direct ;*
- *— ridicarea calității produselor ;*
- *— realizarea de economii de material și energie ;*
- *— creșterea productivității muncii ;*
- *— protecția mediului înconjurător și îmbunătățirea continuă a condițiilor de lucru și de viață a oamenilor muncii.*

În cadrul aplicării industriale și al utilizării electrotehnologiilor, se folosesc următoarele efecte ale curentului electric :

- *— conductibilitatea materialelor solide (încălzire), lichide (electroliți la depuneri galvanice și prelucrări electrochimice) sau gaze ionizate (tehnica plasmei) ;*
- *— inducția electromagnetică precum și forțele rezultate din cîmpurile electrice sau electromagnetice ;*
- *— polarizarea dielectricilor (la încălzirea (la ultrasunete) ;*
- *— descărcările electrice (electroeroziune) precum și emisiile de electroni (prelucrare cu fascicul de electroni) și fotoni (laser) ;*
- *— transmiterea căldurii prin convecție și prin radiație.*

Putem afirma că, astăzi, în cadrul programului coordonat de I.C.T.C.M. pe țară, toate aceste domenii ale electrotehnologiilor au fost abordate, iar în cadrul I.C.T.C.M. există o preocupare tot mai susținută de organizare a unui sector de activitate, care să aibă în vedere numai electrotehnologii care, prin specializarea cadrelor și prin dotările de laborator, să accelereze procesul de transfer al acestor tehnologii de vîrf în industrie.

În ultimii ani, asistăm la o puternică dezvoltare și extindere a tehnologiilor de prelucrare prin metode electro-fizico-chimice (EFC_h) în țările industrializate și în țara noastră. Această extindere se face pe mai multe căi :

- *— prin multiplicarea și diversificarea utilajelor și tehnologiilor asimilate și utilizate industrial în ultimii ani, în special în scularii ;*
- *— prin abordarea și utilizarea în fază de laborator sau industrială de noi tehnologii (EFC_h) de prelucrare ;*
- *— prin trecerea unor tehnologii EFC_h de prelucrare din scularii sau din utilizări limitate în fabricația de piese, deci în fabricația de serie.*

Tehnologiile și utilajele pentru prelucrări EFCh *au fost printre primele domenii din țara noastră care s-au bucurat de o prognoză pe termen lung și de programe corespunzătoare care au rezultat din această prognoză.*

Pornind de la principalele orientări de dezvoltare economico-socială, în etapa 1986 — 1990 și orizont 2010, prevăzute în documentele de partid și de stat, precum și în prognozele amintite și realizate pe diferite domenii prioritare ale industriei constructoare de mașini, pentru tehnologiile EFCh de prelucrare au fost conturate în principal două mari obiective strategice :

1. Creșterea performanțelor tehnologice și extinderea proceselor electro-fizico-chimice de prelucrare abordate (electroeroziune, electrochimie, laser, ultrasunete) vizîndu-se în principal :

- *— creșterea productivității muncii ;*
- *— creșterea preciziei și calității prelucrării.*

2. Realizarea de noi utilaje și tehnologii bazate pe procedee electro-fizico-chimice de prelucrare utilizînd noi surse de energie, inclusiv procedee bazate pe presiuni și viteze foarte mari, vizîndu-se :

- *— creșterea eficienței tehnico-economice ;*
- *— realizarea de performanțe tehnologice și constructive competitive pe plan mondial ;*
- *— valorificarea maximă a resurselor materiale și energetice ;*
- *— automatizarea și robotizarea operațiilor de prelucrare și în special a operațiilor auxiliare.*

Pentru realizarea acestor obiective s-a acționat și se acționează în direcția dezvoltării bazei materiale existente, de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și implementare a progresului tehnic, inclusiv mărirea numerică a personalului angajat în acest domeniu, prin :

- *— extinderea colaborărilor interdisciplinare cu institute de specialitate din ramura construcției de mașini și din învățămîntul superior ;*
- *— implicarea participării institutului nostru și a institutelor și întreprinderilor*

colaboratoare la acțiunile de cooperare și colaborare tehnico-științifică internațională.

Pe această bază, în ultimii ani, au fost finalizate și se află în curs de finalizare o serie de teme noi de cercetare și inginerie tehnologică, ceea ce a condus la asimilarea de noi tehnologii și prototipuri de mașini și instalații solicitate de industria noastră constructoare de mașini dintre care exemplificăm:

— tehnologii de prelucrare complexă prin electroeroziune pe mașini cu 3 axe și centre de prelucrare;

— tehnologii și instalație de debavurare termică (prin explozie);

— tehnologii și instalație de debitare de precizie cu laser cu CO_2;

— noi tehnologii electrochimice și instalație de debavurat repere cu suprafețe plane de revoluție etc.

Referindu-ne la extinderea colaborărilor interne, dorim să evidențiem că în ultima perioadă au fost antrenate și au contribuit la realizările obținute, colective pluridisciplinare din cadrul institutelor de profil ca: I. P. A., I.F.T.A.R. și Întreprinderea „Electrotimiș", precum și colective de specialiști din cadrul unor institute de învățămînt superior ca: Universitatea Brașov, Institutul de Învățămînt Superior Sibiu, Institutul Politehnic București.

I.C.T.C.M., în calitate de coordonator de program, are în vedere extinderea colaborării interne și cu alte colective de certă valoare, existente la centrele universitare din Timișoara, Iași, Cluj, Craiova, care pot contribui substanțial la finalizarea multiplelor teme de cercetare cuprinse în tematica programului nostru. În perspectivă, ne propunem găsirea unor soluții care să ducă la dezvoltarea în continuare a acestor colaborări.

Analiza principalelor teme prevăzute în direcția dezvoltării și extinderii tehnologiilor electro-fizico-chimice de prelucrare ne oferă o succintă imagine a dezvoltării acestora în perioada 1986—1990 și perspectiva anului 2010 — vezi tabelul 1.

În preocupările avute de promovare a tehnologiilor electro-fizico-chimice, de perfecționare și modernizare a sistemei de mașini și utilaje aferente acestui domeniu, inclusiv crearea premizelor reale a livrării la export (cu preponderență în țările membre C.A.E.R.) — s-a impus, în ultima perioadă, necesitatea intensificării colaborării internaționale, respectiv a contactelor de colaborare bilaterale și multilaterale între I.C.T.C.M. și institute și organizații similare din unele țări socialiste.

Intensificarea acestor contacte a fost susținută și ca urmare a faptului că, în decembrie 1985, în cadrul celei de a 41-a sesiuni extraordinare a Comitetului Executiv C.A.E.R., a fost semnat Programul complex al progresului tehnico-științific al țărilor membre C.A.E.R. pînă în anul 2000, care în cele 5 direcții prioritare cuprinde un număr mare de probleme și teme de cercetare și inginerie tehnologică ce urmează a fi rezolvate în colaborare de către țările participante.

Dintre aceste teme, perspective de colaborare deosebite oferă tematicile din domeniul tehnologiilor prin electroeroziune și cu laseri.

Domeniile și direcțiile de cercetare în cadrul tehnologiilor electro-fizico-chimice de prelucrare

Tabelul 1

DIRECȚIA DE CERCETARE / domeniu	1). Creșterea performanțelor tehnologice și extinderea procedeelor electro-fizico-chimice de prelucrare, vizînd :	2). Realizarea de noi utilaje și tehnologii electro-fizico-chimice de prelucrare, inclusiv prin utilizarea de noi surse de energie, vizînd :
— Prelucrarea electroerozivă — Prelucrarea electrochimică — Prelucrarea prin ultrasunete — Prelucrarea cu plasmă — Prelucrarea cu laser — Prelucrarea cu fascicul de electroni	— Creșterea productivității muncii prin : — optimizarea proceselor de prelucrare ; — automatizarea și robotizarea utilajelor ; — utilizarea de noi materiale pentru scule ; — utilizarea de noi componente și echipamente specifice. — extinderea utilizării echipamentului de calcul. — Creșterea preciziei și calității prelucrării. — Extinderea domeniului de aplicare a tehnologiilor EFC_h .	— Creșterea eficienței tehnico-economice. — Realizarea de noi performanțe tehnologice și constructive prin : ■ elaborarea de procedee combinate ; ■ realizarea de centre și sisteme flexibile de prelucrare ; ■ folosirea de noi surse de energie ; ■ creșterea fiabilității utilajelor. — Valorificarea maximă a resurselor materiale și energetice. — Extinderea automatizării și robotizării operațiilor de prelucrare și auxiliare.

Tot în cadrul primei grupe de teme din Direcția prioritară II a Programului Complex, se are în vedere organizarea participării specialiștilor noștri la rezolvarea unor teme privind elaborarea și unificarea unor metodologii la parametrii tehnici, precum și la elaborarea unor metodologii de apreciere a nivelului tehnic calitativ al utilajelor realizate în domeniul metodelor electro-fizico-chimice de prelucrare.

Astfel, I.C.T.C.M. împreună cu I.F.T.A.R. și I.P.A., participă la rezolvarea unor teme care vizează realizarea unor instalații noi de prelucrare cu laseri de puteri mari și medii, cu grad sporit de mecanizare și automatizare, precum și a unor noi tehnologii și instalații de recuperare-recondiționare.

Paralel cu activitatea de colaborare multilaterală C.A.E.R., institutul nostru a inițiat și dezvoltat o serie de acțiuni de colaborare tehnico-științifică bilaterală cu unele institute de profil similar din R. P. Bulgaria, U.R.S.S. și R. P. Chineză, în cadrul cărora s-au realizat sau se află în curs de rezolvare o serie de teme ce prezintă interes reciproc.

Un alt aspect interesant îl constituie activitatea și prezența specialiștilor români din acest domeniu în cadrul simpozioanelor internaționale pentru prelucrări electro-fizico-chimice — I. S. E. M.

Concluziile privind participarea noastră la schimbul de idei în cadrul manifestărilor științifice și colaborărilor internaționale conduc la necesitatea amplificării efortului pentru a impune și pe plan internațional rezultatele noastre, atît prin activitatea din cadrul Programului Complex C.A.E.R., cît și în cadrul simpozioanelor internaționale și I.S.E.M.

În același timp, se impune o intensificare a efortului de coordonare unitară a activităților de cercetare și inginerie tehnologică în acest domeniu, pentru depășirea unor dificultăți apărute în activitatea de ansamblu.

Folosind mai bine condițiile create de structura organizatorică a Institutului Central pentru Construcția de Mașini (I.C.C.M.), se va putea asigura o colaborare mai eficientă cu toate institutele de profil și cu centralele industriale, atît din cadrul M.I.C.M. cît și celelalte ministere ale industriei construcțiilor de mașini, vizîndu-se în mod deosebit preocupările pentru aprofundarea cercetării, în cadrul unor colective pluridisciplinare, îndreptate în direcția realizării unor componente de calitate superioară ale industriei noastre orizontale, care să permită fabricarea unor noi mașini și instalații complexe, competitive, solicitate atît de industria noastră în plină dezvoltare și modernizare, cît și pentru export.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Nicolae Ceaușescu:* Raport la cel de al XIII-lea Congres al Partidului Comunist Român. Editura Politică, București, 1984.

[2] * * * I.C.T.C.M.: Studiu de prognoză privind dezvoltarea științei și tehnologiei cu orizont anul 2010 în domeniul tehnologiilor neconvenționale — electrofizico-chimice, 1986.

[3] *Manițiu, C.*: Electroeroziunea — factor de progres tehnic și economic. Editura științifică și enciclopedică, București, 1980.

[4] *Krampitz, C.*: Electrotehnologie, Berlin, 1983.

CZ : 621.9.048.4

Extinderea gamei posibilităților tehnologice de prelucrare electroerozivă cu electrod masiv (ELER 03 SEM)

Dr. ing Carol **MANIȚIU**, ing. Mircea **ANDREESCU**, ing. Nicolae **FĂNARU**, ing. R. **ABDULA** — I.C.T.C.M. București

Cercetările întreprinse în țara noastră în domeniul prelucrării prin electroeroziune datează din anul 1970.

Obiectivele principale ale activității depuse de specialiști, pentru dezvoltarea și extinderea continuă a tehnologiilor de prelucrare electroerozivă, prezentate în tabelul 1, sînt bine ilustrate în fabricația de scule și matrițe, ca domeniul cu cea mai mare aplicabilitate a acestor tehnologii, și din ce în ce mai mult în fabricația de piese, unde electroeroziunea, ca procedeu de prelucrare, pătrunde și se extinde continuu.

Realizarea programului de dezvoltare și diversificare a familiei de mașini de prelucrare electroerozivă, prezentată în tabelul 2, răspunde multora din cerințele subliniate în tabelul 1, altele aflîndu-se în curs de abordare.

În scopul ridicării continue a performanțelor mașinilor de prelucrare prin electroeroziune cu electrod masiv (românești), cercetătorii din cadrul I.C.T.C.M. I.C.P.E., I.P.A. și Întreprin-

Obiective principale ale activității de cercetare-proiectare

Tabelul 1

Obiectivul urmărit	Măsuri pentru realizarea obiectivului	Posibilități de realizare
Creșterea vitezei de prelucrare	— reducerea timpilor de lucru și auxiliari. — utilizarea centrelor de prelucrare. — utilizarea de celule de fabricație. — posibilități de programare a instalației utilizarea CAD—CAM.	— automatizarea și programarea. — prelucrarea secvențială. — controlul — organizarea schimbării automate a sculelor și a materialelor de lucru.
Reducerea stocurilor : — înainte de fabricație — în timpul fabricației — după fabricație	— prelucrarea „in timp" — flexibilizarea proceselor de lucru.	— legături între procesul de producție, fabricația de scule și aprovizionarea materială.
Reducerea consumului de materii prime și energie.	— creșterea randamentelor de lucru. — reducerea energiei la proiectare. — reducerea deșeurilor — reciclarea materialelor.	
Îmbunătățirea formei produselor.		Realizarea montajului direct fără ajustare.

Familia de mașini ED românești

Tabelul 2

Familia de mașini ED	Nr. ordine	Tipul mașinii ED	Caracteristicile tehnice principale
Mașini de prelucrare electroeroziune cu electrod masiv.	1	ELER—1 de gabarit mic.	— Dimensiunile mesei de lucru : — 450 x 250 mm — Cursa capului de lucru : — 150 mm
	2	ELER—01 de gabarit mediu.	— Dimensiunile mesei de lucru : — 600 x 400 mm — Cursa capului de lucru : — 200 mm
	3	ELER—21 de gabarit mare.	— Dimensiunile mesei de lucru : — 1100 x 650 mm — Cursa capului de lucru : — 400 mm
	4	ELER—SD de scos scule rupte.	— Viteza de avans : — de lucru ... max. 2,5 mm/min. — rapidă ... max. 9,5 mm/min.
Mașini de prelucrat prin electroeroziune cu comandă numerică și electrod filiform.	5	ELEROFIL—10	— Dimensiuni max. piesă : — 270 x 475 x 80 mm — Cursa de deplasare pe coordonatele x și y : — 250 x 250 mm

derea „Electrotimiș" Timișoara au reușit să realizeze familia de mașini de gabarit mediu ELER—03—SEM, caracterizată prin utilizarea sistemelor de avans electromecanice și cu performanțe comparabile cu cele mai recente realizări pe plan mondial.

Funcția mecanismului de avans, la mașinile de electroeroziune, este de a asigura o viteză de pătrundere în materialul de prelucrat, corespunzătoare stării interstițiului frontal dintre electrozi. Aceasta presupune urmărirea continuă a procesului de descărcare între electrozi și sesizarea situațiilor de dezechilibru, care dau naștere semnalelor folosite în bucla de reacție pentru asigurarea semnului și vitezei optime de prelucrare.

În figura 1 se prezintă eficiența prelucrării ca funcție a interstițiului frontal [2].

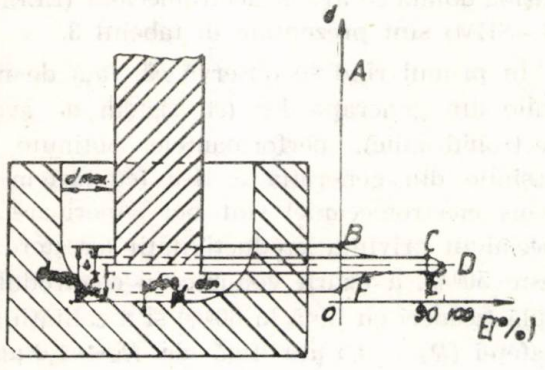


Fig. 1 Eficiența prelucrării ca funcție a interstițiului mecanic.

Mecanismul de avans trebuie să satisfacă atît regimurile de finisare, cît și pe cele de degroșare, situații în care interstițiul lateral (d_{max}) variază de la sutimi de milimetru, pentru finisare, la zecimi de milimetru pentru degroșare, în aceste condiții, interstițiul frontal :

$$d_n = (1{,}2 \ldots 1{,}3)\, d_{max}$$

Prelucrarea începe cînd intenstițiul frontal atinge valoarea d_{max} și încetează cînd atinge distanța de scurtcircuit (d_{cc}), care poate fi 0, sau poate avea o valoare distinctă, dacă între electrozi se interpun particule rezultate din prelucrare.

Între aceste două situații limită se plasează interstițiul frontal nominal (d_n), care corespunde celor mai favorabile condiții de prelucrare determinînd o eficiență maximă.

Punctele C și E corespund unei eficiențe teoretice de 90% și determină o limită de insensibilitate a sistemului de avans i în jurul d_n, insensibilitate care depinde de calitatea mecanismului de avans și a sistemului de comandă a avansului.

La prelucrarea de degroșare, la care $d_n \cong$ $\cong$ 0,1 mm,

$$0{,}03 \text{ mm} \leqslant i \leqslant 0{,}04 \text{ mm},$$

corespunzător unei variații a eficienței de la 90% la 80% [2]. Similar, pentru prelucrarea de finisare, la care $d_n \cong$ 0,01 mm,

$$0{,}03 \text{ mm} \leqslant i \leqslant 0{,}04 \text{ mm},$$

corespunzător unei variații a eficienței de la 90% la 80% [2].

În figura 2 se prezintă modul în care are loc procesul de adaptare a servosistemului la condițiile de prelucrare :

a) în cazul sistemului de avans hidraulic [2] ;

b) în cazul sistemului de avans electromecanic [1] ;

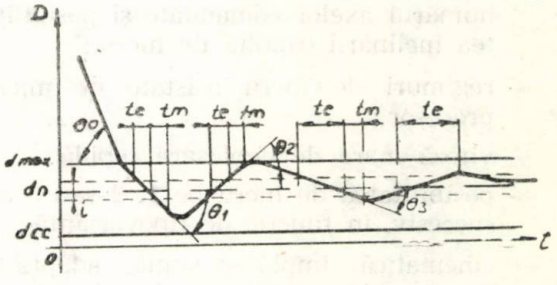


Fig. 2 a Procesul de adaptare a servomecanismului de reglare a vitezei (specific sistemului electrohidraulic.

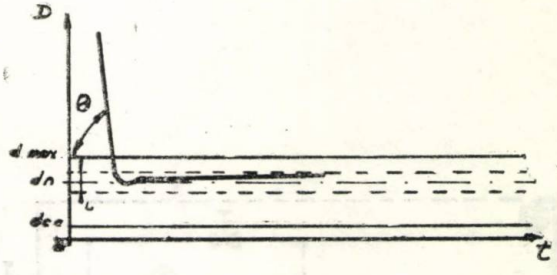


Fig. 2 b Procesul de adaptare a servomecanismului de reglare a poziției (specific sistemului electromecanic).

Analizînd cele două diagrame, remarcăm viteza mare de apropiere a sistemului electromecanic, în lipsa oscilațiilor în jurul poziției optime de lucru, suprareglarea (depășirea zonei optime de lucru) fiind foarte mică (circa 1 μm). În aceste condiții, stabilitatea prelucrării crește, ceea ce conduce la creșterea eficienței de prelucrare cu circa 10%.

Sistemul de avans electromecanic specific mașinii ELER 03 SEM asigură, față de sistemul electrohidraulic utilizat pînă în prezent,

la mașinile din familia ELER, următoarele avantaje :

— rezoluție de lucru, în regim de prelucare 1/4 m ;

— eliminarea timpului mort și histerezisului ;

— timp de răspuns foarte bun (6 ms/1 m), indiferent de mărimea semnalului de comandă ;

— stabilitatea procesului de prelucrare electroerozivă ;

— posibilitatea multiplicării numărului de axe de lucru pe mașinile de prelucrat prin electroeroziune ;

— ușurarea cuplării cu un NC sau CNC.

Concepția unitară a familiei de mașini ELER—03—SEM conduce la obținerea următoarelor avantaje :

— 8 tipovariante de mașini, în funcție de numărul axelor comandate și posibilitatea înclinării capului de lucru ;

— regimuri de lucru asistate de microprocesor ;

— viteză mare de deplasare rapidă ;

— posibilitatea de lucru pe 1, 2 sau 3 axe succesiv, în funcție de tipovariantă ;

— cinematică simplă și suplă, adaptabilă pentru orice combinație de mișcări ;

— acționare cu motor de curent continuu cu conducere directă (direct Drive D. C. motor) ;

— dotarea cu generatoare evoluate, care permit o stabilitate mare a avansului, cu creșteri spectaculoase în regimurile de finisare ;

— condiții de lucru mai bune ;

— instruire mai simplă a personalului de lucru.

În figurile 3 și 4 sînt prezentate schema funcțională și respectiv schema constructivă a mașinii de prelucrat electroeroziv ELER—03—SEM.

Datele comparative între mașina dotată cu avans de lucru electrohidraulic (ELER 01) și mașina dotată cu avans electromecanic (ELER—03—SEM) sînt prezentate în tabelul 3.

În primul rînd se observă că, față de mașinile din generația I-a (cu sistem de avans electrohidraulic), performanțele obținute cu mașinile din generația a II-a (cu sistem de avans electromecanic) sînt net superioare, în special în privința productivității (creștere cu peste 50%), a uzurii volumice a electrodului-sculă (scăderi cu pînă la 60%) și a calității suprafeței ($R_a = 0{,}5$ μm față de $R_a = 1{,}6$ μm.)

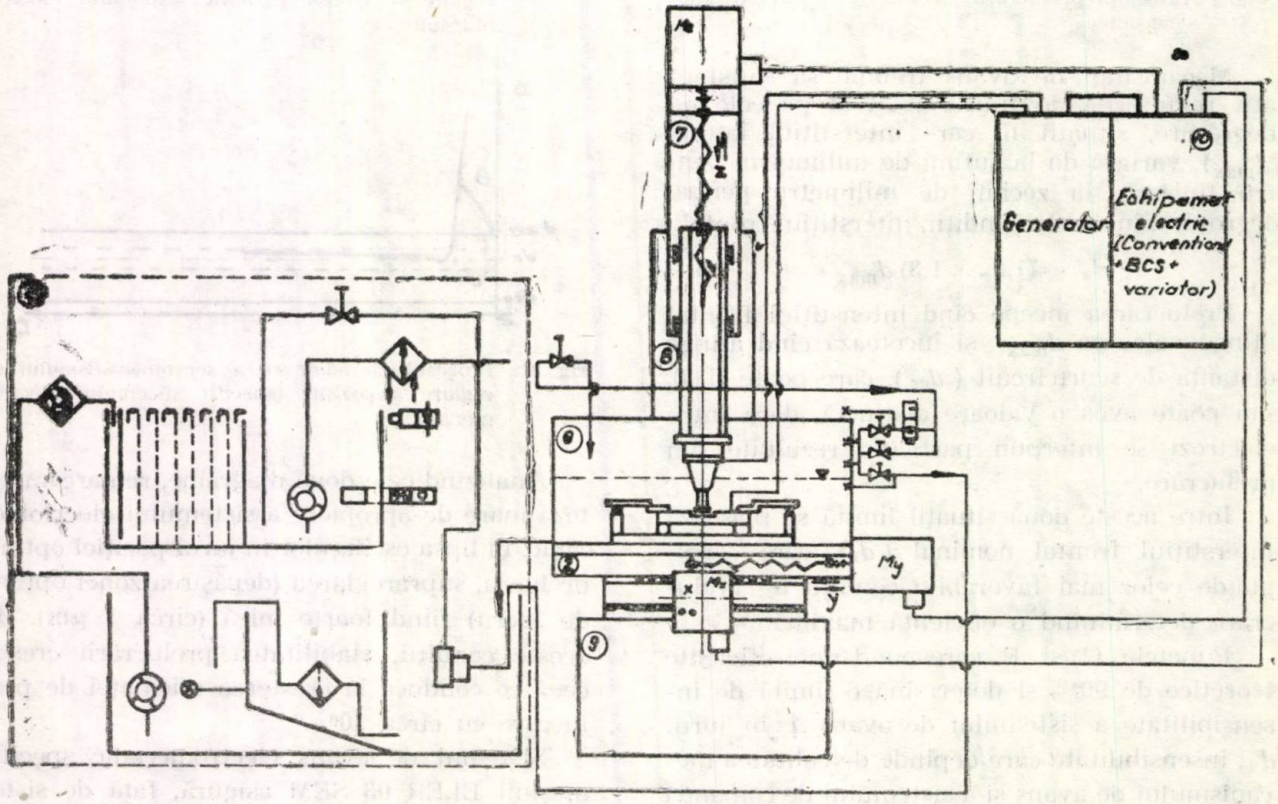


Fig. 3. Schema funcțională a mașinii ELER—03—SEM.

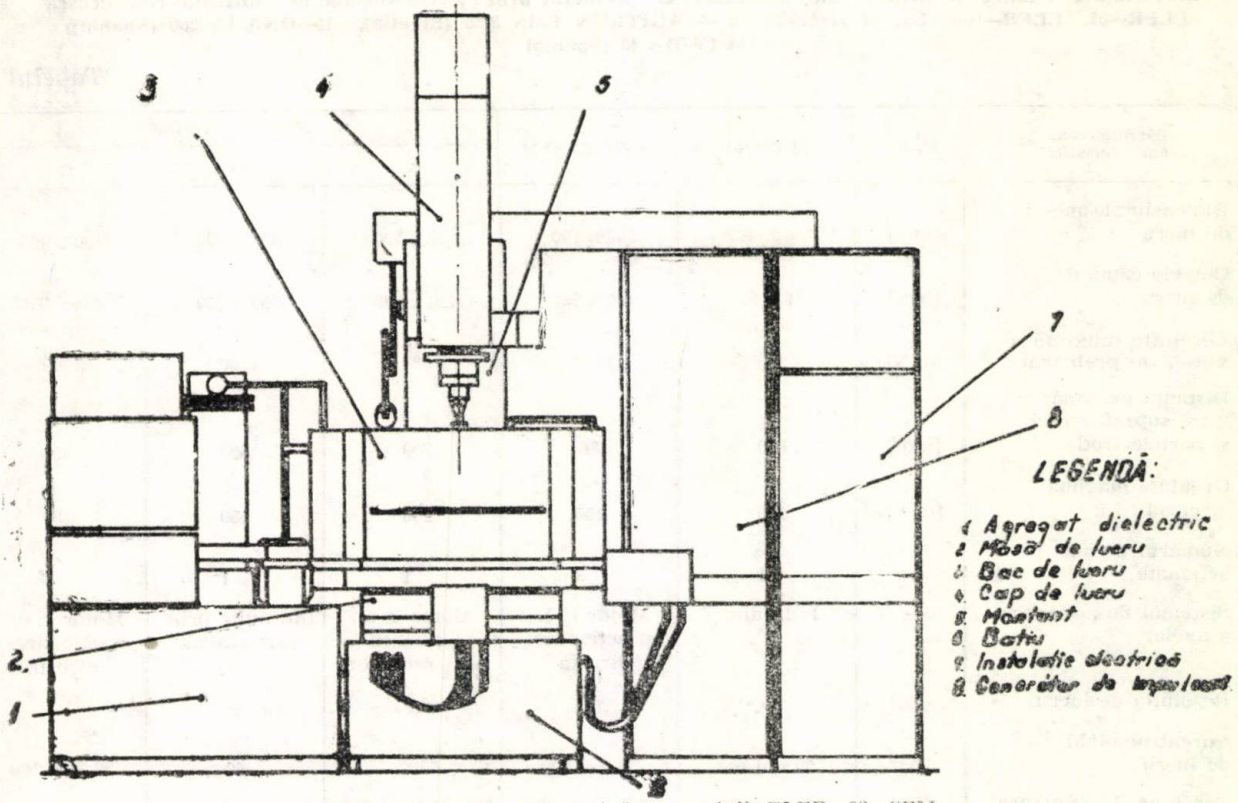


Fig. 4 Schema constructivă a mașinii ELER—03—SEM.

Posibilitatea prelucrării interioare, succesiv pe oricare din axe, permite extinderea posibilităților tehnologice de prelucrare, respectiv aplicarea unor tehnologii noi, cum sînt cele de prelucrare prin scoatere de miezuri și cele cu electrozi formați, de aluminiu, experimentate la I.C.T.C.M. și brevetate.

Creșterea de productivitate menționată mai sus apare ca urmare a îmbunătățirii performanțelor dinamice ale mașinii (timp de răspuns foarte mic la un semnal-treaptă), a stabilității procesului și a desfășurării lui asistate de microprocesor.

Prin utilizarea noilor generatoare de impulsuri din familia MFM, cu posibilitatea programării unor forme speciale ale undei de curent de descărcare, s-au obținut scăderi importante ale gradului de uzură volumetrică a electrodului-sculă. Acest fapt are implicații majore în reducerea numărului de electrozi necesari pentru realizarea unei prelucrări, creșterea numărului de piese ce pot fi prelucrate cu un electrod și reducerea consumurilor de materiale (în general deficitare) pentru confecționarea electrozilor-sculă (cupru, aluminiu).

De asemenea, adoptarea unor soluții constructive, atît la generatorul de impulsuri, cît și la sistemele de avans ale mașinii (inclusiv acționare-comandă), a condus la lărgirea gamei de posibilități tehnologice, în special în domeniul finisării suprafețelor prin prelucrare electroerozivă, ajungîndu-se la calități ale suprafeței prelucrate de $R_a = 0{,}5$ m. Astfel, piese cu configurații complexe și grad ridicat de finisare, care pînă în prezent erau finisate prin procedee clasice și care necesitau un consum ridicat de materiale, se vor putea finisa prin electroeroziune mai economic.

Comparativ cu produsele similare fabricate pe plan mondial (tab. 3), se poate aprecia că mașina ELER—03—SEM atinge nivelul performanțelor obținute de firme cu renume în domeniu, existînd premise favorabile pentru trecerea la exportul în mai mare măsură a utilajelor românești de prelucrare prin electroeroziune.

Din performanțele tehnice prezentate mai sus, se poate concluziona că, odată cu trecerea la fabricația de serie a mașinii de prelucrat prin electroeroziune ELER—03—SEM, se pune la dispoziția industriei românești prelucrătoare un utilaj de mare capacitate și mare randament, cu multiple posibilități tehnologice.

Caracteristici tehnice principale ale mașinilor de prelucrat prin electroeroziune de fabricație românească ELER—01, ELER—03—SEM și străină : A — AGITRON EMS 3.30 (Elveția), B—ONA IN 260 (Spania) și C—D x 45 (Spania)

Tabelul 3

Nr. crt.	Denumirea caracteristici	U. M.	ELER 01	ELER 03 SEM	Produse străine		
					A	B	C
1	Dimensiunile mesei de lucru	[mm]	600 x 400	600 x 450	630 x 500	650 x 400	700 x 400
2	Cursele capului de lucru	[mm]	410 x 225	400 x 250	420 x 320	500 x 250	450 x 350
3	Greutate maximă a piesei de prelucrat	[daN]	250	1000	800	1100	1000
4	Distanța maximă între supraf. mesei și portelectrod	[mm]	550	700	700	620	600
5	Greutate maximă electrod	[daN]	100	150	250	250	100
6	Numărul de axe acționate	—	1	3	1	1	3
7	Sistemul de acționare a axelor	—	Hidraulic	Motor c. c. și acționare directă	Motor c. c. acționare prin reductor	hidraulic prin servovalvă	Motor c. c. acționare directă
8	Rezoluția de lucru	[μm]	—	0,25	0,25	—	1
9	Curent nominal de lucru	[A]	50 sau 100	50 sau 100	65	60	50 sau 100
10	Tensiune de amorsare	[V]	265 sau 130	265 sau 130	100, 150 sau 270	150	—
11	Putere instalată	[Kw]	9,2	13,65 sau 16,45	14,85	—	—
12	Capacitatea maximă de îndepărtare materiale	[mm^3/ min]	325	500 la 50 A	550	600	—
13	Rugozitatea minimă în regim de finisare Ra	[μm]	1,8	0,5	0,5	0,8	—
14	Uzura volumică minimă	[%]	1,2	0,5	0,5	0,2	—
15	Productivitate specifică	[mm^3/ min x A]	6,5	10	8,4	10	—

BIBLIOGRAFIE

[1] *Inoue, K.* : Fundamental of electrical discharge machining : The Society of Non — Traditional Technology — Japonia, 1971.

[2] *Mironoff, N.* : Introduction inte the study of spark — erosion, Microtechnic, Lausanne — Switzerland, 1970.

[3] *Schumacher, B. M.* : Werkzeugbau mit modernen Hilfsmitteln, Technische rundschau, 12/87.

[4] * * * NTR : Mașini de prelucrat prin electroeroziune ELER.

[5] * * * NTR : Generatoare de impulsuri tip GEP — MFM.

CZ : 621.9.048.4

Sistemul automat de alimentare cu electrozi, pas important în automatizarea procesului de prelucrare prin electroeroziune cu electrod masiv

Ing. Nicolae **FĂNARU**, ing. Radu **LASLĂU**, ing. Daniel **BOBE** — I.C.T.C.M. București

Introducere

Dezvoltarea industrială vertiginoasă din ultimele decenii a fost posibilă grație punerii la punct și utilizării pe scară largă a unor procedee tehnologice de vîrf, din rîndul cărora — prin eficiență și noutate — se desprind și prelucrările prin procedee neconvenționale.

Dintre toate acestea, un loc de frunte îl ocupă procedeul de prelucrare prin electroeroziune, ce are o largă aplicabilitate în domenii ca :

— prelucrarea diferitelor piese cu configurații complexe, din materiale greu sau imposibil de prelucrat prin procedeele convenționale din industriile aerospațială, electrotehnică și electronică, energetică și nucleară, construcții de mașini etc. ;

— prelucrarea părților active ale plăcilor de matrițe cît și a poansoanelor pentru ștanțe și matrițe cu forme complexe.

Ca urmare, pe plan mondial s-a intensificat activitatea de realizare a mașinilor de prelucrat prin electroeroziune, cu performanțe ridicate din punct de vedere al preciziei de prelucrare și al posibilităților de prelucrare, dotate cu comandă numerică și avînd posibilitatea de schimbare automată a electrozilor.

Toate acestea au condus la extinderea gamei de posibilități tehnologice, la creșterea productivității acestei prelucrări, a preciziei de prelucrare, a gradului de automatizare a instalațiilor, în special prin crearea unui sistem automat de alimentare cu electrozi, sistem apt să intre în dotarea oricărei mașini din cadrul familiei de mașini de prelucrat prin electroeroziune cu electrod masiv, românești.

Totodată, sistemul automat de alimentare cu electrozi va contribui la creșterea competitivității pe piața externă a mașinilor românești de prelucrat prin electroeroziune.

Prezentarea sistemului automat de alimentare cu electrozi

Primul component al sistemului (poz. 1, fig. 1) îl constituie dispozitivul de prindere automată a portelectrodului, care are la bază bucșa elastică acționată hidraulic.

Soluția constructivă aleasă asigură o precizie ridicată de centrare a portelectrozilor (0,005 mm), precum și o fixare sigură a lor în dispozitiv.

Forța axială ce poate fi asigurată se calculează cu ajutorul relației :

$$P_{ax} = 19{,}6 \cdot 10^4 \cdot h \cdot \Delta S \sqrt{\frac{2h}{D}} \text{ [daN]} \quad (1)$$

unde :

h — este grosimea peretelui subțire al bucșei elastice [mm] ;

$\Delta_a S$ — strîngerea dintre bucșă și portelectrod [mm] ;

D — diametrul cozii portelectrodului [mm].

Strîngerea dintre bucșa elastică și coada portelectrodului este dată de relația următoare :

$$\Delta S = \Delta D - J \quad (2)$$

unde :

ΔD — deformația maximă admisibilă a bucșei [mm]. ($\Delta D = 0{,}003\ D$ pentru bucșe fabricate din oțeluri cu crom) ;

J — jocul dintre bucșa elastică și portelectrod [mm].

Pentru a asigura o strîngere suficientă a portelectrodului în dispozitiv, se impune alegerea corespunzătoare a jocului J, care întotdeauna trebuie să fie mai mic decît ΔS.

S-a urmărit realizarea unui sistem automat de alimentare cu electrozi, care să asigure manipularea unor electrozi-sculă de maximum 15 daN, ce acoperă o gamă largă de prelucrări pe mașinile de prelucrat cu electroerod masiv de mărime mijlocie. A rezultat, funcție de diametrul ales al cozii portelectrodului, un joc maxim de 0,05 mm.

Presiunea hidrostatică admisibilă pentru domeniul deformației elastice a bucșei este dată de relația :

$$p = \frac{2Eh}{D^2} \Delta D \quad (3)$$

unde E — modulul de elasticitate al materialului bucșei [daN/cm^2].

Corespunzător a rezultat o forță de apăsare asupra plunjerului dispozitivului de Q = 500 daN.

Pentru obținerea acestei forțe au fost concepute 3 variante constructive de prindere automată a portelectrozilor.

Dispozitiv de prindere automată pneumo-hidraulică (fig. 2). Prinderea portelectrodului este asigurată de un resort format din arcuri-disc, tensionat, pentru a asigura forța $Q = 500$ daN, iar desprinderea se face sub acțiunea presiunii aerului comprimat din rețea, după ce a trecut în prealabil printr-un grup de pregătire a aerului, care îi reglează presiunea la 2 daN/cm^2. Aerul sub presiune este comandat de un electroventil și acționează un amplificator pneumo-hidraulic cu raportul de

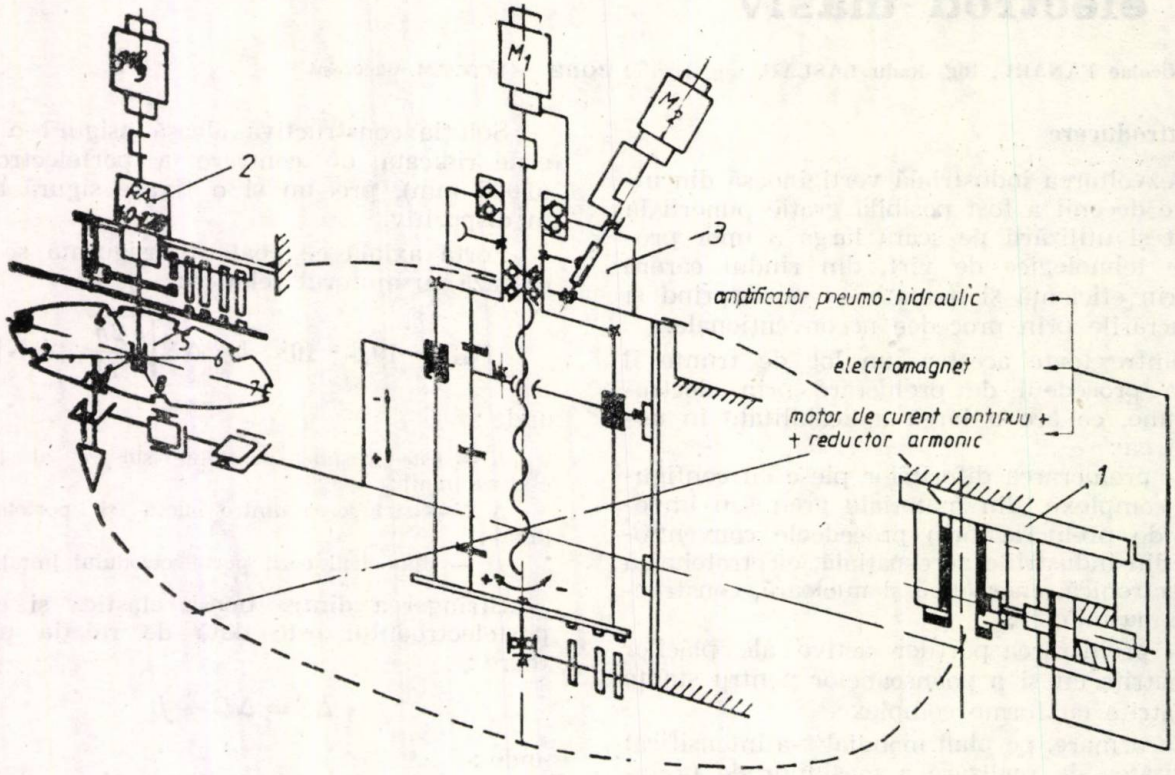


Fig. 1 Schema cinematică a sistemului automat de alimentare cu electrozi.

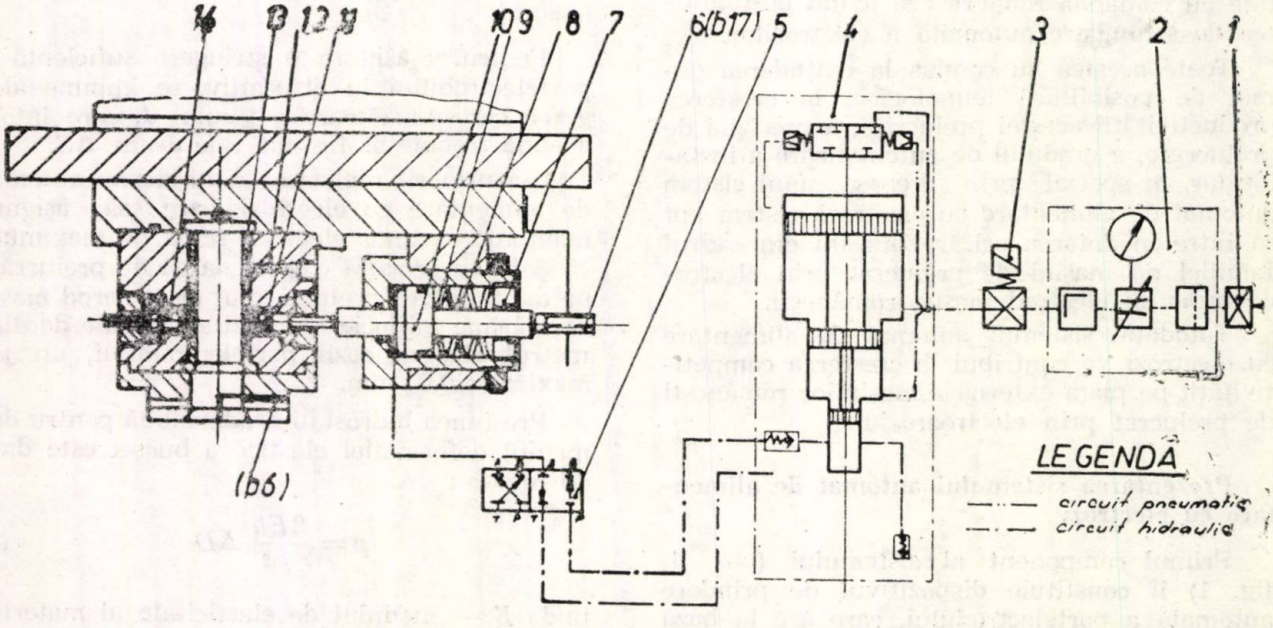


Fig. 2 Dispozitiv pneumo-hidraulic de prindere automată.

amplificare 70 : 1. Uleiul, sub presiune ridicată 140 daN/cm^2, trece printr-un dispozitiv hidraulic, comandat electric, și acționează pistonul unui cilindru hidraulic producînd o deformație mai mare în arcurile-disc, urmată de retragerea pistonului din corpul dispozitivului cu bucșă elastică. Se produce astfel eliberarea electrodului din dispozitiv dîndu-se posibilitatea introducerii altui electrod.

Dispozitiv electromagnetic de prindere automată (fig. 3). Prinderea portelectrodului se face sub acțiunea unui resort din cauciuc, calculat să asigure forța necesară de strîngere — $Q = 500$ daN, desprinderea făcîndu-se cu ajutorul forței dezvoltate de un electromagnet (90 daN), amplificată prin intermediul unei pîrghii cu raport de amplificare 8 : 1, la valoarea necesară împingerii resortului de cauciuc.

Dispozitiv electromecanic de prindere automată (fig. 4). Prinderea și desprinderea portelectrodului se face sub acțiunea unui motor

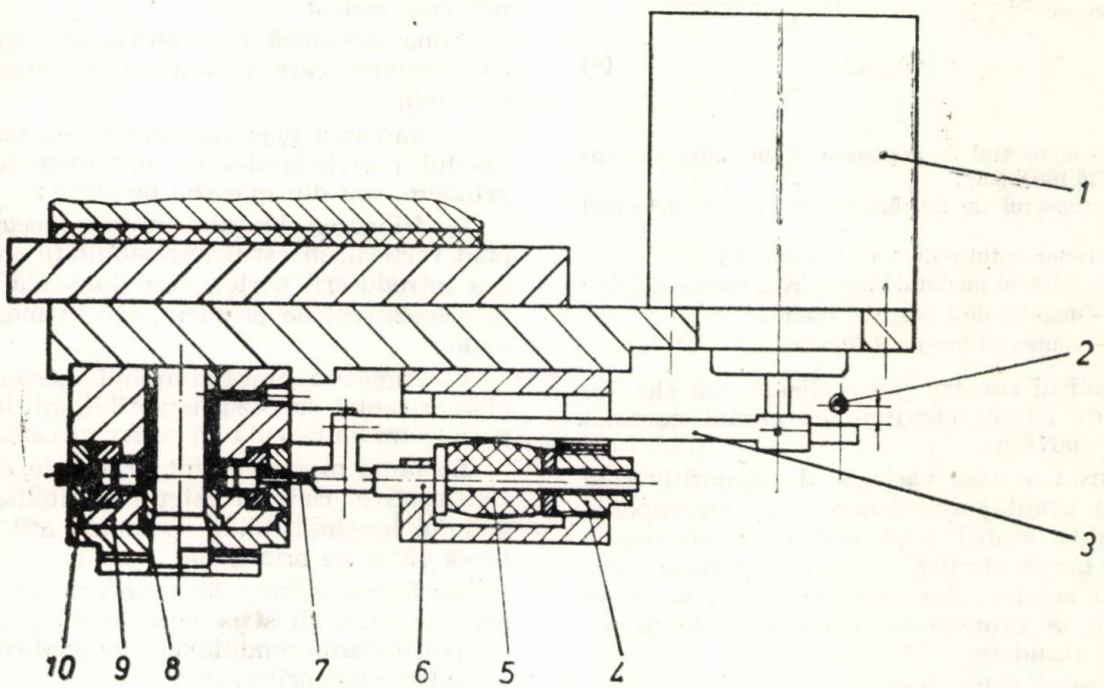


Fig. 3 Dispozitiv electromagnetic de prindere automată.

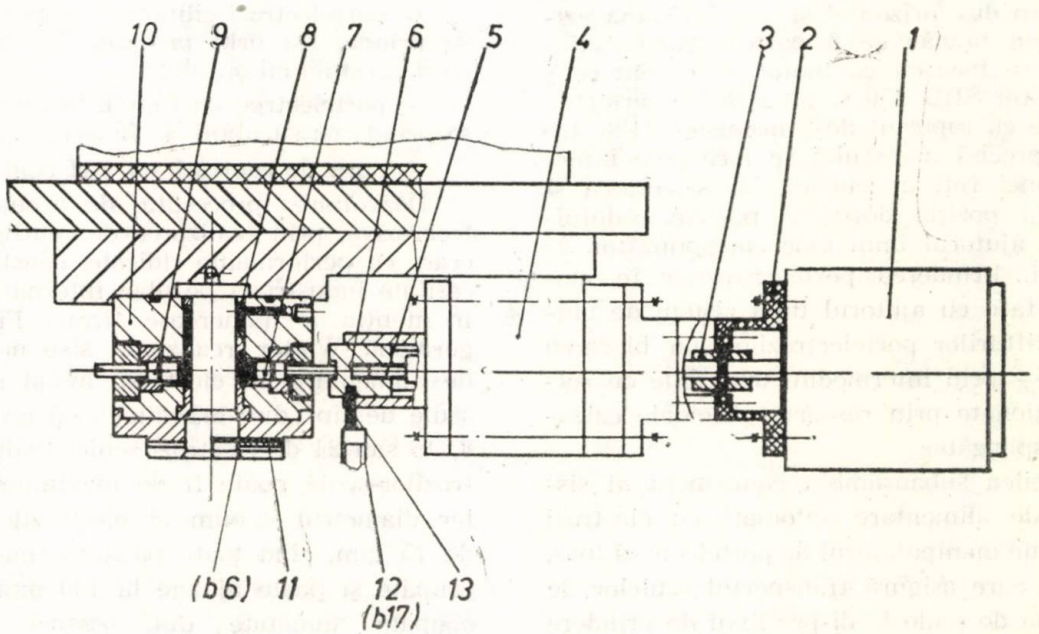


Fig. 4 Dispozitiv electromecanic de prindere automată

de curent continuu, al cărui cuplu este amplificat de un reductor armonic de turație. De reductor este legat un mecanism șurub-piuliță care transformă mișcarea de rotație în mișcare de translație a plunjerului. Acesta acționează asupra uleiului care va deforma bucșa elastică, fixînd sau eliberînd portelectrodul.

Cuplul necesar al motorului de curent continuu se poate calcula cu relația :

$$M_{necesar} = \frac{M}{\eta \cdot i} = \frac{Q \cdot \frac{d_2}{2} \operatorname{tg}(\beta_m + \varphi')}{\eta \cdot i} < M_{nominal} \quad (4)$$

unde :

M — momentul de acționare al mecanismului șurub-piuliță [daN.cm] ;

i — raportul de demultiplicare al reductorului armonic;

η — radamentul reductorului armonic;

β_m — unghiul mediu de înclinare a spirei filetului;

φ' — unghiul de frecare al filetului

d_2 — diametrul mediu al filetului.

În cadrul construcției realizate, s-a ales un motor de curent continuu cu cuplul nominal de 1,86 daN/cm.

Aceasta a treia variantă de dispozitiv este cea mai avantajoasă, deoarece la întreruperea curentului, atunci cînd portelectrodul nu se află în bucșa elastică, nu există pericolul deformării acesteia din urmă, așa cum se poate întîmpla la primele două variante de dispozitiv de prindere.

Al doilea subansamblu component al sistemului de alimentare automată cu electrozi este magazinul de scule (poz. 2, fig. 1). Acesta este de tip disc orizontal și asigură înmagazinarea unui număr de 8 portelectrozi. Acționarea sa se face cu un motor de curent continuu de tip SRD 350 și un reductor armonic de turație cu raportul de transmisie 1/128. Indexarea precisă a discului se face prin intermediul unei roți de clichet, iar selectarea și oprirea la poziția dorită a portelectrodului-sculă, cu ajutorul unui bloc corespunzător de traductori. Prinderea portelectrozilor în magazin se face cu ajutorul unui sistem de ghidare a știfturilor portelectrozilor, iar blocarea acestora — prin intermediul unor bile de rulment, acționate prin resoarte elicoidale calculate corespunzător.

Al treilea subansamblu component al sistemului de alimentare automată cu electrozi îl constituie manipulatorul de portelectrozi (poz. 3, fig. 1) care asigură transportul sculelor de la magazia de scule la dispozitivul de prindere și invers.

Pentru îndeplinirea acestor funcțiuni, construcția cuprinde un ansamblu de rotație și unul de translație, fixate pe montantul mașinii, precum și o mînă mecanică de prindere a portelectrozilor-sculă.

Ansamblul de translație se compune dintr-un motor electric de curent continuu, care acționează direct un șurub cu role. Ghidarea se face pe două coloane, prin intermediul unor bucșe cu bile recirculabile. Ansamblul de rotație se compune, de asemenea, dintr-un motor electric cu curent continuu tip SRD 350 și un reductor melcat.

Mîna mecanică este prevăzută constructiv cu elemente, care să asigure și următoarele funcțiuni :

— mișcarea plan paralelă de căutare a locașului portelectrod-sculă din dispozitivul de prindere, sau din magazia de scule ;

— frîngerea brațului mîinii mecanice, în plan vertical, în cazul imposibilității extragerii sau introducerii portelectrodului-sculă din sau în dispozitivul de prindere, sau în magazia de scule ;

— frîngerea brațului mîinii mecanice, în plan orizontal, în cazul imposibilității indexării portelectrodului-sculă în mîna mecanică.

La mîna mecanică sînt prevăzute elemente constructive, care să asigure posibilitatea reglajului lungimii mîinii mecanice, atît pe verticală cît și pe orizontală.

Au fost prevăzute, de asemenea, atît pe partea mecanică, cît și pe cea electrică, elemente de poziționare, condiționare și confirmare a execuției comenzilor.

Sistemul automat de alimentare cu electrozi mai cuprinde și următoaree componente :

— portelectrozi cilindrici, la care electrodul se prinde, fie prin presare, fie prin fixarea cozii acestuia cu șurub ;

— portelectrod cu flanșă, la care electrodul se prinde cu șuruburi de flanșă ;

— dorn de centrare cu vîrf conic.

Dezvoltarea procesului de prelucrare electroerozivă, prin realizarea de centre de prelucrare cu performanțe ridicate, constituie o necesitate industrială pe plan internațional, fiind în atenția a numeroase firme. Firma vest-germană Walter realizează sisteme automate de alimentare cu electrozi, avînd magazii de scule de tip „disc orizontal", cu un număr de 8, 16 sau 24 de electrozi scule. Înălțimea electrozilor-sculă poate fi de maximum 320 mm, iar diametrul maxim al electrozilor poate fi de 75 mm, cînd toate posturile magaziei sînt ocupate și poate ajunge la 180 mm cînd sînt ocupate jumătate din posturi. Greutatea maximă a unui portelectrod poate fi de 40 Kg,

iar greutatea totală, ce poate fi susținută în magazia de electrozi este de 120 Kg.

Firma suedeză 3 R echipează mașinile de prelucrat electroeroziv cu magazii de scule tip lanț în plan vertical, ce pot înmagazina un mare număr de electrozi scule, iar prinderea portelectrozilor pe capul de lucru se face folosind bucșa elastică acționată hidraulic.

Sistemul automat de alimentare cu electrozi, proiectat la I.C.T.C.M., înglobează realizări de vîrf ale industriei românești, cum sînt motoarele de curent continuu de tip SRD 350, reductoarele armonice de turație, șuruburi cu role.

El constituie o premieră pe plan național, deschizînd calea automatizării procesului de electroeroziune, prin realizarea de mașini agregat, competitive pe plan internațional.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Moraru, V. ș.a.*: Centre de prelucrare, Editura tehnică, București.

[2] *Drăghici, I. ș.a.*: Îndrumar de proiectare în construcția de mașini — Vol. I, II, III, Editura tehnică, București.

[3] *Stănescu, I., Tache, V.*: Dispozitive pentru mașini unelte, Editura tehnică — București.

[4] x x x: Prospecte ale firmelor: 3 R — Internațional, Deckel, Cincinati Milacron, Istema, Walter, Agie, Charmilles, AEG — Etotherm, Japax, I. Electrotimiș.

[5] x x x: Cataloage de produse Portscule și aferente mașinilor unelte cu NC. Dispozitive pentru prelucrarea pieselor prin electroeroziune și electrochimie. Set de elemente modulate DISROM — CTB — Elemente și subansambluri tipizate pentru dispozitive. CA 19 — Scule dispozitive verificatoare.

[6] x x x: MICM — ICTCM Metodologia de tipizare a produselor instalațiilor și tehnologiilor din ramura construcțiilor de mașini.

CZ: 621.9.048.4

Echipamente de comandă numerică pentru mașini de decupat prin electroeroziune cu fir

Ing. Călin **POPESCU**, ing. Barbu **IANCU** — I.P.A. București

Echipamentele de comandă numerică tip CNC — NUMEROM 650 și NUMEROM 750 sînt destinate conducerii mașinilor de decupat prin electroeroziune cu fir, putîndu-se astfel obține piese cu profile de o complexitate foarte mare cum ar fi ștanțele și matrițele de extrudat. Prin deplasarea celor două ghidaje ale firului, după traiectorii în general diferite, în două plane X—Y și U—V, se obțin suprafețe laterale prelucrate interioare sau exterioare reglate reprezentînd înfășurătoarea pozițiilor firului.

Echipamentele CNC — NUMEROM 650 și NUMEROM 750 vor asigura comenzile de deplasare, prin interpolări liniare și circulare, în cele două plane X—Y și U—V ale ghidajelor firului, comenzile de deplasare pe axa verticală și axa de rotație C, precum și comanda generatorului de impulsuri, a sistemului de antrenare a firului electrod și a sistemului dielectric.

Caracteristici tehnice principale ale echipamentelor:

— număr de axe comandate: 6 (X, Y, U, V, Z, C);
— domeniul de programare:
  ± 99 m (axe liniare);
  ± 720 grade (axa de rotație);
— increment minim programabil:
  1 μm (axe liniare);
  0,001 grade (axa de rotație);
— tipuri de interpolări: liniară și circulară în fiecare din planele X—Y și U—V, precum și interpolare liniară între cele două plane;
— unghi de înclinare a firului:
  ± 5° (NUMEROM 650);
  ± 30° (NUMEROM 750);
— corecții de diametru fir + gap: 30 valori în domeniul ± 999 μm;
— deplasări de nul: 4 valori pentru fiecare axă în tot domeniul de programare;
— viteze de avans:
  30 mm/min, în regim de prelucrare;
  1000 mm/min, în regim de poziționare sau dry-run;
— introducerea datelor:
  — în cod ISO sau EIA cu recunoașterea automată a codului;
  — manuală de la claviatura de pe panoul operator cu utilizarea tehnici de menu;
  — automată de la cititor de bandă perforată, unitate de casetă magnetică și calculator;
— capacitatea memoriei de programe: 20 Kcaractere cu posibilități de extindere;
— subprograme: 99 cu 4 nivele de înlănțuire, fiecare subprogram putînd fi executat pînă la 99 ori;
— durată salvare memorie date: 100 ore;

— afișare și semnalizare pe dislay color ;
— reprezentare grafică pe display (NUMEROM 750) ;
— corecție dezaliniere piesă ;
— rotirea programului cu un unghi dat ;
— verticalizare și infilare automată fir ;
— centrare pe găuri și colțuri ;
— comandă și afișare parametri : generator, sistem, antrenare fir și sistem dielectric ;
— funcționare în celule și sisteme flexibile ;
— autodiagnoză și diagnoză mașină.

Caracteristicile tehnice ce trebuie asigurate vor situa echipamentul NUMEROM 650 la nivelul mondial existent, iar echipamentul NUMEROM 750 peste acest nivel.

Ambele echipamente se realizează într-o concepție modulară, pe baza sistemului tipizat constructiv și funcțional MULTIPROM, în varianta constructivă distribuită constînd din unitatea centrală, panoul-operator și panoul-mașină, interconectate între ele prin legături seriale (fig. 1).

Pentru descărcarea magistralei de sistem (S. BUS), fiecare din cele trei unități mai dispune de cîte o magistrală locală (L—BUS).

În afara modulului proces central (CPU) și a memoriei nevolatile EPROM pentru programele executive, în componența celor trei unități mai intră :

— două interfețe de transmisie serială (TRANS-SER), prin care se asigură legăturile cu panoul-operator, panoul-mașină, unitatea de cititor/perforator/casetă magnetică și DNC, precum și memoria de tip RAM-CMOS, pentru memorarea programelor-piesă, subprogramelor, datelor de mașină, deplasărilor de nul, corecțiilor de fir, joc și pas (unitatea de comunicație) ;

— module de ax, fiecare din ele servind cîte trei axe ale mașinii (unitatea de comandă numerică) ;

— module de intrări și ieșiri numerice și analogice prin care se realizează legătura cu echipamentul electric convențional (unitatea de automat programabil).

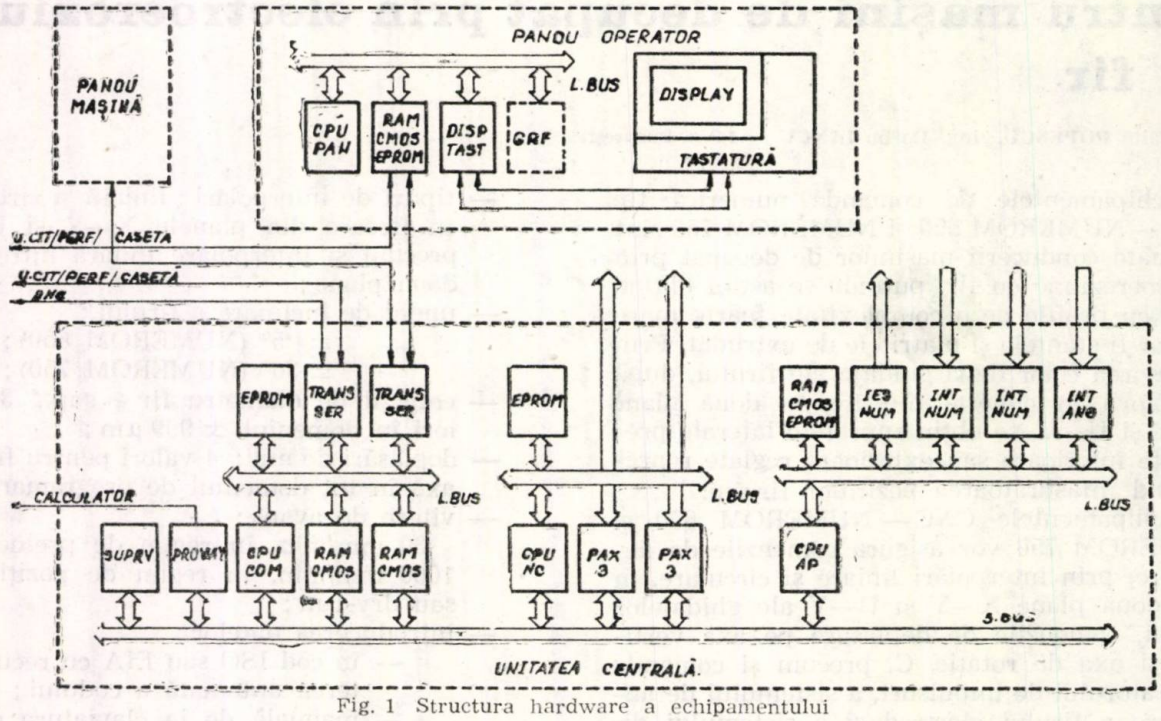


Fig. 1 Structura hardware a echipamentului NUMEROM 650.

Unitatea centrală este alcătuită din trei blocuri funcționale grupate în jurul a trei microprocesoare I 8086 și anume :

— unitatea de comunicație (COM) ;
— unitatea de comandă numerică (NC) ;
— unitatea de automat programabil (AP), legate între ele prin magistrala de sistem de tip AMS—M (S. BUS).

Panoul operator construit tot în jurul unui procesor I 8086 (CPU—PAN) mai conține un modul de memorie RAM—CMOS—EPROM, care prin cele două legături seriale disponibile permite atît cuplarea la unitatea centrală, cît și la unitatea de cititor/perforator/casetă magnetică și un modul de comandă a tastaturii și display-ului (DISP-TAST).

La echipamentul NUMEROM 750 se va adăuga pe poziția GRF un modul pentru grafică.

Panoul-mașină conține tastatura de comandă și un afișaj cu leduri și o legătură serială cu unitatea centrală, fiind construit în jurul unui procesor Z 80.

Realizat ca un pupitru mobil, panoul-mașină va oferi posibilitatea urmăririi de aproape a procesului de electroeroziune.

Folosirea în unitatea AP a unui procesor I 8086 va permite preluarea unor funcțiuni complexe de analiză a procesului din interstițiul electrod fir-piesă, realizate în prezent în generatorul de scîntei.

Echipamentul NUMEROM 650 a fost realizat ca model experimental, pe baza sistemului tipizat constructiv și funcțional MULTIPROM, avîndu-se în vedere extinderea cu funcțiunile suplimentare ce trebuie asigurate de echipamentul NUMEROM 750.

Modulizarea hardware și software va permite extinderea folosirii acestor tipuri destinate altor procedee de prelucrare neconvențională ca decuparea prin electroeroziune cu electrod masiv sau cu laser.

BIBLIOGRAFIE

[1] * * * Prospect — AGIECUT 100, 200, 300 — firma AGIE — ELVEȚIA.

[2] * * * Prospect — ROBOFIL/ROBOFORM 100, 200, 400, — firma CHARMILLES — ELVEȚIA.

[3] * * * Prospect — SINUMERIK 810, 850 — firma SIEMENS — R.F.G.

[4] * * * Prospect — MARK CENTURY ONE — firma GENERAL ELECTRIC — S.U.A.

[5] * * * CATALOG MULTIPROM — I.P.A. București.

CZ : 621.923.76

Sistema de dispozitive — necesitate pentru exploatarea rațională și eficientă a mașinilor de prelucrare prin electroeroziune și creșterea preciziei de prelucrare

Ing. Nicolae **FĂNARU**, ing. Nicolae **DIMITRIU**, ing. Monica **VASILCIN** — I.C.T.C.M. București

Introducerea și utilizarea în mod rațional a tehnologiilor de prelucrare prin electroeroziune a devenit, în etapa actuală de dezvoltare economico-socială a României, o necesitate de maximă importanță subliniată și în documentele de partid.

Ca și în alte țări, în domeniul prelucrărilor prin procedeul electroeroziv, care ocupă primul loc în ceea ce privește răspîndirea în industrie, s-a remarcat în ultimii 10 ani o creștere substanțială a ponderii utilajelor de prelucrare și o accelerare a procesului de asimilare a tehnologiilor prin electroeroziune, fapt care contribuie la rezolvarea unei game foarte variate de probleme tehnologice (creșterea productivității muncii, a preciziei dimensionale și de formă, a calității suprafețelor etc.) și la extinderea și diversificarea echipamentelor specifice acestui domeniu nou de prelucrări.

Extinderea procedeului de prelucrare electroerozivă, utilizarea sa într-o serie de situații deosebit de complexe și dificile au impus necesitatea echipării utilajelor fabricate cu o gamă de dispozitive auxiliare. Datorită lărgirii gamei de tipodimensiuni a mașinilor de prelucrat prin electroeroziune, a apărut necesitatea tipizării și diversificării dispozitivelor specifice existente, în cadrul unui sistem unic și unitar. Acest lucru a fost determinat și de următoarele aspecte :

— precizia și fiabilitatea necorespunzătoare a dispozitivelor existente, care afectează performanțele mașinii ;

— existența mai multor variante de dispozitive, ineficiente și neunitar concepute ;

— dependența competitivității mașinilor de posibilitățile și calitatea dispozitivelor aflate în dotarea lor ;

— trecerea la o nouă generație de mașini cu ciclu de lucru automat ;

— extinderea gamei posibilităților tehnologice a mașinilor de prelucrat prin electroeroziune cu electrod masiv.

Abordarea sistematică a problemei asimilării unui sistem de dispozitive care să doteze mașinile românești de prelucrare prin electroeroziune a avut în vedere, atît aspectele existente la prelucrarea electroerozivă (precizia înaltă, funcționarea în mediu lichid poluat, sistem de spălare prin interiorul sculelor, gabarite reduse, lipsa forțelor de așchiere, diversitatea foarte mare a profilelor de prelucrat), cît și realizările în domeniu ale unor firme de prestigiu de pe plan mondial.

Cercetările efectuate de colectivul nostru au condus la realizarea unei sisteme de dispozitive (fig. 1), cu un număr optim de elemente, care

Plecînd de la schema logică din figura 3, se poate alcătui, în concordanță cu tehnologia elaborată pentru o prelucrare electroerozivă dată,

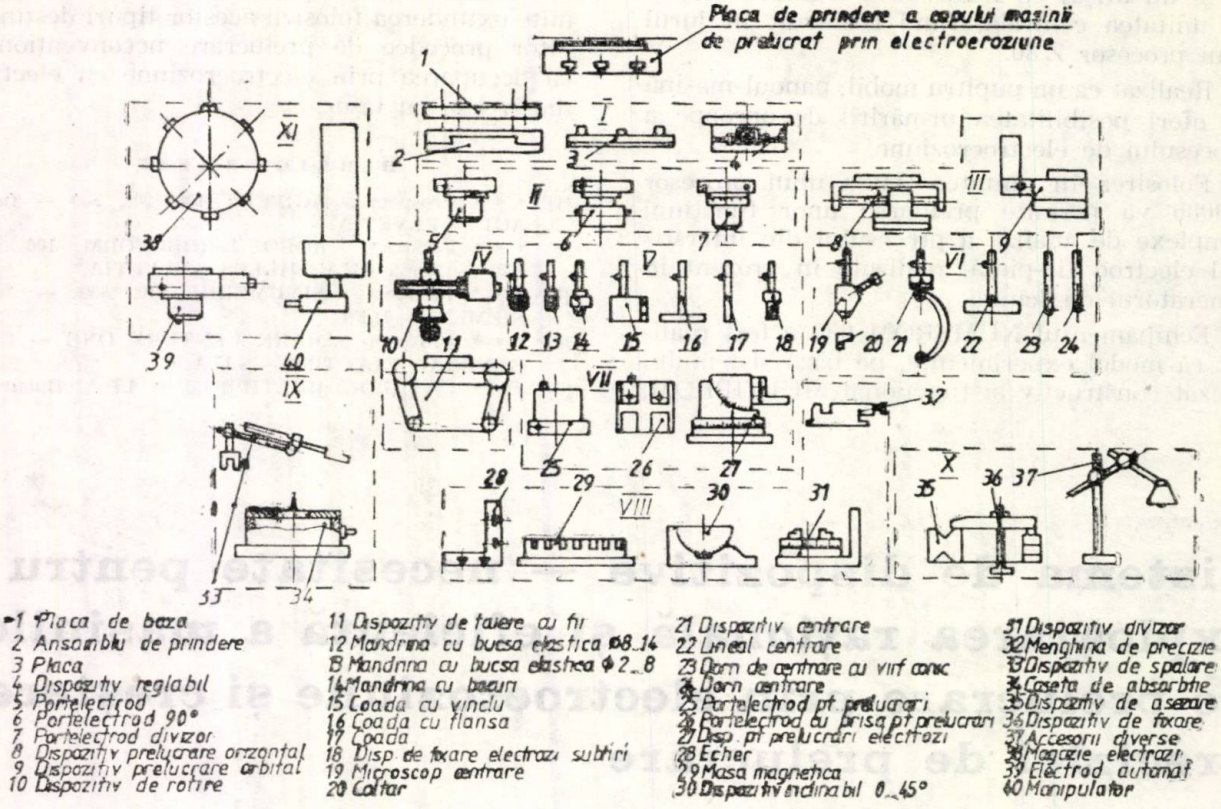


Fig. 1 Sistema de dispozitive pentru electroeroziune (SDE).

satisfac cerințele de mai sus și îndeplinesc funcțiunile pentru care au fost destinate, în deplină conformitate cu tehnologia elaborată.

După funcțiunile pe care le îndeplinesc, dispozitivele care alcătuiesc sistema de dispozitive pentru electroeroziune, se clasifică astfel (fig. 2):

— dispozitive de bază (DB);
— dispozitive intermediare (DI);
— dispozitive de poziționare (DP);
— dispozitive de fixare-orientare (DF);
— elemente de cuplare (EC).

Plecînd de la descrierea caracteristicilor principale ale tuturor elementelor ansamblului tehnologic piesă-electrod-dispozitiv, s-a alcătuit sinteza caracteristicilor, prezentată în caseta morfologică din tabelul 1, casetă care se prezintă sub forma unei matrice cu patru grupe de elemente descriptoare [I — IV], subdivizate în trei categorii.

Prin combinarea parametrilor simbolizați, se obține descrierea de principiu a oricărui dispozitiv din sistemă, precum și codificarea lui corespunzătoare.

Prezentăm în continuare schema logică a sistemei de dispozitive SDE (fig. 3).

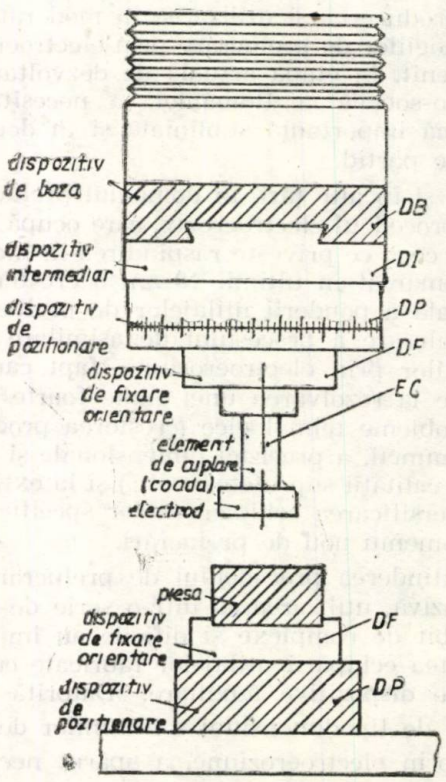


Fig. 2 Clasificare dispozitive după funcțiuni.

Clasificare dispozitive după caraeteristici *Tabelul 1*

	Cod	Caracteristici	Cod	Caracteristici	Cod	Caracteristici
Orientare	1	— universale	1	— pt. electrozi	1	— poziţionare
	2	— speciale	2	— pt. piese	2	— control
			3	— pt. spălare	3	— manipulare
			4	— pt. prelucrări mecanice	4	— alte funcţii
Acţionare	0	— fără	1	— liniară	1	— secvenţială
	1	— reglabilă	2	— unghiulară	2	— continuă
	2	— cu mişcare	3	— complexă		
Poziţionare	0	— fără				
	1	— după 1 oră	1	— frontală	1	— prismă
	2	— după 2 ore	2	— lateral ext.	2	— cilindru
	3	— după 3 ore	3	— lateral int.	3	— con
Destinaţie	1	— pt. fixarea sa		— mecanică	0	— fără
	2	— pt. fixarea de el		— hidraulică	1	— manuală
	3	— pt. deplasare		— magnetică	2	— automată

un ansamblu tehnologic de dispozitive, ca în figura 4.

Pentru dispozitivele cuprinse în sistema SDE, s-au adoptat soluţii constructive moderne, unitar concepute, în funcţie de categoria de utilizare a lor.

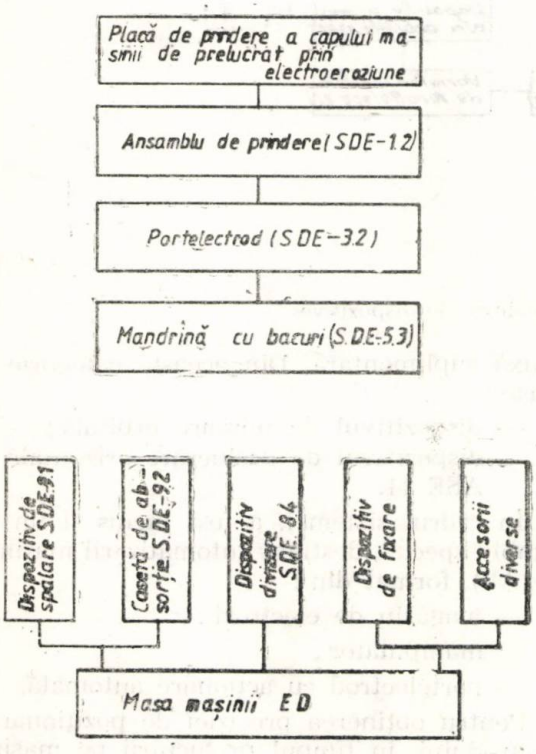


Fig. 3. Schema logică a sistemei de dispozitive SDE.

Astfel, în cadrul dispozitivelor de bază şi intermediare, s-a prevăzut un sistem de fixare pe coadă de rîndunică, rezultatele obţinute la testări confirmînd o precizie de poziţionare repetabilă de 0,005 mm.

Elementul principal, în cadrul sistemei, îl constituie soluţia de prindere şi poziţionare a electrozilor, precum şi modul de fixare a acestora în dispozitivele de fixare-orientare, de precizia şi fiabilitatea acestora depinzînd în mare măsură caracteristicile întregii sisteme. Astfel, grupa cheie în cadrul sistemei este aceea a portelectrozilor, care sînt prevăzuţi cu un sistem de prindere şi orientare a dispozitivelor de tip „coadă", cu acţionare hidraulică manuală, strîngere pe bucşa electrică şi orientare pe prismă cu ştift cilindric. În sistemă au fost prevăzute 6 asemenea tipuri de portelectrozi :

— portelectrod ;
— portelectrod la 90°C ;
— portelectrod reglabil indexabil ;
— portelectrod pentru prelucrări ;
— portelectrod cu prismă pentru prelucrări;
— dispozitiv universal pentru prelucrat electrozi.

Centrarea şi prinderea pe placa portelectrod a maşinii de prelucrare electroerozivă a primelor 3 tipuri de portelectrozi se fac cu pene de centrare şi respectiv cu ajutorul şuruburilor.

Pentru maşinile cu ciclul automat, s-a realizat un portelectrod cu acţionare hidraulică şi comandă electrică.

O altă categorie de elemente componente ale sistemei SDE o constituie cea a dispozitivelor de tip „coadă", din care fac parte :

— coadă cilindrică (se presează în alezajul electrodului) ;

De asemenea, au fost realizate o serie de dispozitive speciale de fixare-orientare electrozi, care au posibilitatea de reglare a mișcărilor de rotație, translație sau plan-paralele. Astfel, devine posibilă prelucrarea succesivă pe cel puțin

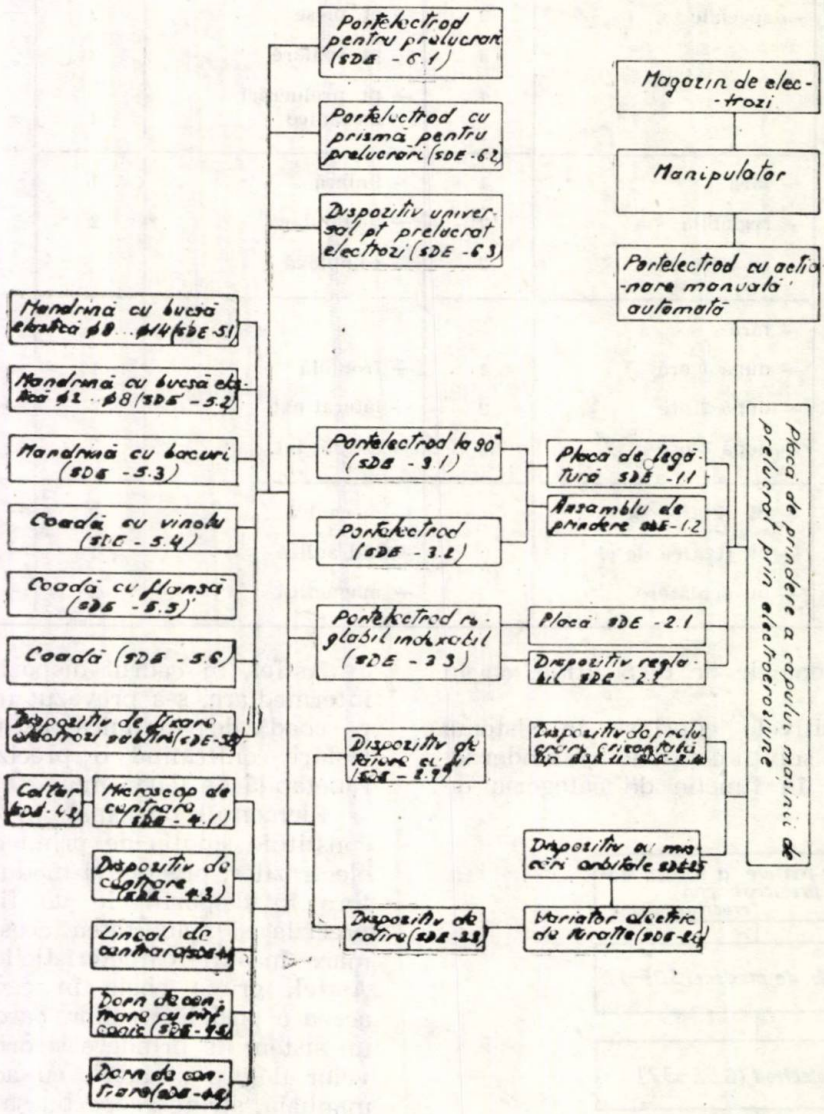


Fig. 4 Exemplu de ansamblu tehnologic de dispozitive.

— coadă cu flanșă (prinderea electrodului se face cu șuruburi) ;
— coadă cu vinclu ;
— mandrină cu bacuri ;
— mandrică cu bucșe elastice ;
— dispozitiv de rotire ;
— dispozitiv de tăiere cu fir ;
— dispozitiv de fixare electrozi subțiri ;
— microscop de centrare ;
— dispozitiv de centrare ;
— lineal de centrare ;
— dorn de centrare cu vîrf conic ;
— dorn de centrare.

o axă suplimentară. Din această categorie fac parte :

— dispozitivul de mișcare orbitală ;
— dispozitivul de prelucrare orizontală tip ASE 11.

În cadrul sistemei, a fost inclus și un ansamblu special, destinat automatizării mașinilor (SAAE), format din :

— magazin de electrozi ;
— manipulator ;
— portelectrod cu acționare automată.

Pentru obținerea preciziei de poziționare a electrodului, în timpul prelucrării pe mașinile de prelucrare electroerozivă, au fost totodată

realizate dispozitive de fixare-orientare, pentru prelucrarea de precizie a profilului (în stare montată) semifabricatelor de electrozi pe mașini-unelte de așchiere (strung, freză etc.).

În cadrul acestora, există portelectrozi speciali, de tip prismatic sau cilindric, precum și un dispozitiv universal de prelucrat electrozi, în care se fixează cozile montate pe semifabricatele de electrozi neprelucrate. Prin prelucrare se realizează o poziționare perfectă între profilul executat și știftul de orientare.

Dispozitivele de control prevăzute în cadrul sistemei SDE permit centrarea pieselor ce se prelucrează pe masa mașinilor ED. Preciziile tuturor dispozitivelor de control sînt ridicate, cîmpul de toleranțe încadrîndu-se în limitele a 2—3 μm.

În vederea extinderii posibilităților de prelucrare, după direcții diferite în spațiu ale pieselor, au mai fost prevăzute o serie de dispozitive speciale pentru fixarea-orientarea pieselor pe masa mașinilor de prelucrat prin electroeroziune. Unele dintre acestea, ca de pildă echerul cu canale „T" și masa magnetică, au o construcție simplă, altele cum sînt suportul înclinabil și dispozitivul divizor, au prin construcție posibilitatea de reglare a mișcărilor de poziționare a pieselor.

Pentru prelucrări deosebite a fost necesară realizarea unui dispozitiv auxiliar de debitare cu fir, prevăzut cu posibilitatea de reglare a vitezei de deplasare a firului și cu un sistem de tensionare a firului.

Întrucît modul de circulație a dielectricului, în timpul procesului electroeroziv, influențează atît productivitatea prelucrării, cît și calitatea suprafețelor prelucrate și gradul de uzură al electrozilor, au fost prevăzute, în cadrul sistemei, dispozitive pentru spălare cu dielectric și casete de absorbție.

Implementarea sistemei de dispozitive SDE, concepute de I.C.T.C.M. pentru mașinile de prelucrare prin electroeroziune, contribuie la obținerea unui salt salitativ și cantitativ, în ceea ce privește gradul de universalitate, precizia și eficiența mașinilor românești de prelucrare prin electroeroziune, fapt care le situează la un nivel înalt, comparabil cu al mașinilor produse de firme consacrate.

De menționat este faptul că, pînă la ora actuală, nici una din țările socialiste nu au prevăzut în dotarea mașinilor de prelucrare prin electroeroziune, fabricate de ele, o sistemă unitară de dispozitive de concepție proprie.

Dispozitivele din cadrul sistemei SDE acoperă, din punct de vedere funcțional, întreg domeniul de utilizare, similar cu cele existente la majoritatea fabricanților străini.

Ca și în cazul altor sisteme de dispozitive, elaborate pe plan mondial, în cadrul sistemei de dispozitive SDE au fost incluse dispozitive pentru prelucrarea, în stare montată, a semifabricatelor de electrozi pe mașinile de așchiere, pentru a mări precizia de prindere și poziționare a acestora, în vederea prelucrării pe mașinile de prelucrare electroerozivă.

S-a urmărit realizarea dispozitivelor din cadrul sistemei SDE, îmbunătățirea unor caracteristici tehnice în comparație cu cele mai bune realizări obținute pe plan mondial în această privință.

Așa, de exemplu, portelectrozii și plăcile românești suportă sarcini de circa două ori mai mari decît cele suportate de produsele similare fabricate de firma SYSTEM 3 R (Suedia).

Pentru utilizatorii mașinilor dotate cu sistema de dispozitive, rezultă o serie de **avantaje,** printre care :

1. Creșterea preciziei de prelucrare prin :
   a) existența setului de cozi de precizie pe care se pot monta semifabricatele electrozilor pentru prinderea lor în dispozitivele speciale de prelucrare pe mașinile-unelte ;
   b) portelectrozi cu precizie mare de fixare și de fiabilitate ridicată ;
   c) utilizarea dispozitivelor speciale de centrare-poziționare ;
   d) utilizarea dispozitivelor reglabile pentru piese, ce exclud erorile datorate repoziționărilor multiple.

2. Reducerea costurilor materiale pentru electrozi și a manoperei de pregătire prin :
   a) existența unei game variate de cozi de precizie ;
   b) posibilitatea de prelucrare precisă și poziționare a electrozilor în dispozitive speciale, care determină, în cazul prelucrărilor succesive cu mai mulți electrozi, reducerea adausului de finisare și a numărului de electrozi ;
   c) existența unor dispozitive de orientare precise, ce exclud improvizații în situații dificile.

3. Creșterea productivității și scăderea uzurii electrozilor prin :
   a) utilizarea unor dispozitive eficiente (cu mișcări plan-paralele, casete de absorbție, dispozitiv de debitat cu fir, dispozitiv de rotire) ;
   b) utilizarea sistemului automat de alimentare cu electrozi.

4. Extinderea posibilităților de prelucrare prin :
   a) gama largă de sisteme de prindere a diferitelor tipuri de electrozi (cozi tip dorn sau mandrină, pensete pentru execuția microgăurilor) ;
   b) utilizarea dispozitivelor orientabile pentru electrozi și piese (execuția găurilor înclinate în spațiu) ;

c) utilizarea dispozitivelor care asigură diferite moduri de mișcări ale electrodului (pentru execuția canalelor de pană foarte subțiri etc.).

Avantajele enumerate conduc la o serie de *perfecționări* în funcționarea utilajului, ca de exemplu :

— utilizarea mașinilor în adevăratul domeniu de rentabilitate (piese dure, complexe, precise) și nu numai pentru operații de tip „scos electrozi rupți" ;

— utilizarea intensivă a mașinilor de prelucrat prin electroeroziune, inclusiv pentru producția de serie ;

— creșterea eficienței la prelucrare prin posibilitatea alegerii unor dispozitive adecvate și a unor regimuri de prelucrare optimizate pentru fiecare tip de prelucrare în parte ;

— creșterea calificării tehnologilor și operatorilor, în urma necesității de optimizare a soluțiilor posibile de prelucrare cu dispozitive complexe și execuția unor piese dificile în toleranțe strînse, ceea ce atrage după sine și impunerea respectării unei stricte discipline tehnologice.

În concluzie, se constată că utilizarea sistemelor de disoozitive pentru electroeroziune se impune ca o necesitate în stadiul actual de dezvoltare a industriei prelucrătoare.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Tache, V. ș. a.* : Elemente de proiectare a dispozitivelor pentru mașini-unelte.

[2] *Dimitri, N. ș. a.* : Sistema de dispozitive — Studiu tehnic, I.C.T.C.M. București.

[3] *Andreescu, M., Fânaru, N., Dimitriu, N.* : Sistema de dispozitive pentru mașinile de prelucrat prin electroeroziune ELER.

[4] * * * : Lucrări I.C.T.C.M., 1985.

[5] * * * : Prospecte ale firmelor : 3 R — Internațional, ISTEMA, DE-SYSTEM, Languepin, I. Electrotimiș.

[6] * * * Cataloage de produse : Dispozitive pentru prelucrarea pieselor prin electroeroziune și electrochimie.

CZ : 541.13

Aspecte privind procedeul de debavurare termică

Ing. Eugen **POPA**, ing. Ruxandra **DIMITRIU**, ing. Constantin **IONESCU** — I.C.T.C.M. București

Complexitatea unor *instalații, mașini-unelte* și *agregate* fabricate în prezent a condus la dezvoltarea și diversificarea aparatajului pneumo-hidraulic avînd în componența sa o serie de elemente ce comportă intersecții interioare, deci, muchii cu bavuri.

În domeniul industriei de automobile și tractoare, odată cu diversificarea organelor de mașini, au apărut o serie de repere de configurație complexă care conțin muchii exterioare cu bavuri (așchii răsucite și nedesprinse).

A stabili o regulă de apariție a unei defecțiuni datorată desprinderii unei bavuri și remedierea acesteia, este practic imposibil, dar este posibilă prevenirea acestui fenomen prin aplicarea procedeului de debavurare cel mai indicat, funcție de, configurația reperului respectiv și de seria de fabricație.

În multe din aceste cazuri, procedeele de debavurare (manuală, mecanică, electrochimică) sînt limitate, iar în unele cazuri fiind imposibil accesul la muchiile interioare.

Debavurarea termică — procedeu de natură fizico-chimică, constă în arderea instantanee, la volum constant, a unei anumite cantități de combustibil gazos, în amestec cu oxigenul, într-o cameră de presiune **1** în care s-au dispus în prealabil piesele 2 care urmează a fi debavurate (fig. 1). Căldura produsă arde bavurile care au o masă mică în raport cu masa piesei 2. Pătrunderea gazelor în toate cavitățile face posibilă înlăturarea oricăror bavuri interioare,

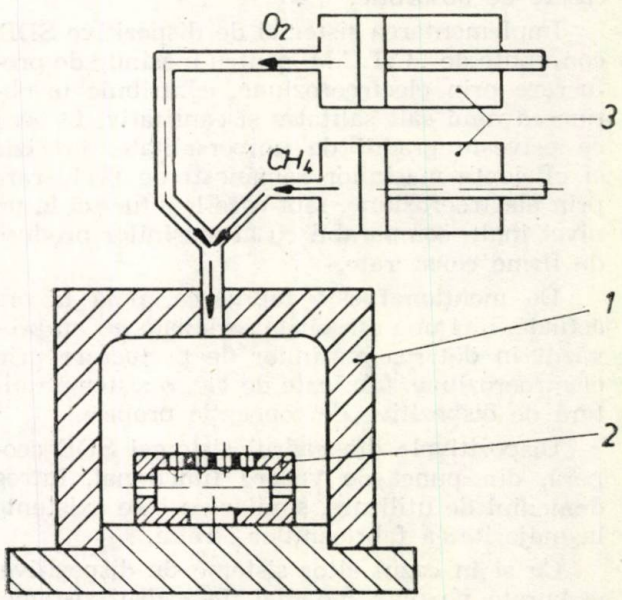


Fig. 1 Schema de principiu a instalației.

neaccesibile altor procedee de debavurare. Printr-un sistem de dozare și umplere 3, combustibilul gazos se amestecă cu oxigenul într-un raport variabil, la o presiune de 10 — 30 bar, în funcție de natura materialului piesei ce urmează a fi debavurată.

Amestecul de gaz detonat se aprinde electric de la o bujie. Are loc o reacție chimică de ardere instantanee la volum constant conform următoarei ecuații :

$$1Nm^3C_mH_k + \left(m + \frac{K}{4}\right) Nm^3O_2 = \\ = mNm^3CO_2 + \frac{K}{2} \qquad (1)$$

$$Nm^3H_2O + \Delta H \text{ mol}$$

unde :

Δ H mol → entalpia molară de reacție [J/mol].

Aplicînd relația (1) în cazul arderii hidrogenului unde $m = 0$ și $K = 2$, se obține :

$$2\,H_2 + O^2 \rightarrow 2\,H_2O + \Delta H \text{ mol} \qquad (2)$$

Această ardere se petrece în decursul cîtorva milisecunde, în răstimpul cărora pot apărea, pentru scurt timp, temperaturi care se pot ridica, în conformitate cu reacțiile specifice ale amestecului respectiv de gaze, pînă la 3500 — 4000°C.

Anumite porțiuni ale pieselor (bavurile), care, raportate la volumul lor, reprezintă o suprafață mare, se supraîncălzesc și se topesc.

În cazul în care, în amestecul gazos oxigenul este în exces, deci :

(3)

$$2\,H_2 + 2\,O_2 \rightarrow 2\,H_2\,O + O_2 + O^2 + \Delta H \text{ mol},$$

atunci procesul de topire va fi legat de cel de oxidare ;

$$2M_eO_2 \rightarrow 2M_eO \qquad (4)$$

adică bavurile supraîncălzite se vor transforma în oxizi.

Procesul de oxidare durează pînă cînd bavura este arsă în întregime .

Conform relației (1) oxigenul minim necesar arderii complete a combustibilului gazos va fi :

(5)

$$O \text{ min.} = \left(m + \frac{k}{4}\right) [Nm^3O_2/Nm^3Cm\ H_k]$$

În cazul arderii hidrogenului, oxigenul minim conform relației (5) este :

$$O \text{ min.} = \frac{1}{2}\ [Nm^3O_2/Nm^3H_2] \qquad (6)$$

Similar se procedează și pentru ceilalți combustibili gazoși, posibil a fi utilizați în procesul de debavurizare termică, pentru calculul cantității minime de oxigen necesare arderii complete.

Valorile obținute sînt trecute în tabelul 1.

Examinînd tabelul 1, se observă că cei mai avantajoși combustibili, din punct de vedere al consumului de oxigen, sînt gazul metan și hidrogenul.

Volumele de oxigen necesare arderii complete a volumelor gazelor combustibile

Tabelul 1

Combustibil	V oxigen [Nm³]	VC_mH_k [Nm³]
Metan (CH_4)	2	1
Acetilenă (C_2H_2)	2,5	1
Propan (C_3H_8)	5	1
Butan (C_4H_{10})	6,5	1
Hidrogen (H_2)	0,5	1

În cazul experimentărilor care s-au efectuat, a fost utilizat în principal metanul, deoarece hidrogenul este un combustibil deficitar, utilizarea lui la scara industrială fiind mai dificilă.

Oxidul de metal rezultat prin ardere se depune sub forma unui strat uniform, pe toate suprafețele aflate în camera de debavurare. Dacă piesa nu este supusă unui tratament termic ulterior, i se va aplica un tratament chimic de decapare sau spălare cu detergenți adecvați, urmată de conservare.

Cu cît conductibilitatea unui material este mai redusă, cu atît efectul debavurării se dovedește mai eficient.

În cadrul experimentărilor efectuate, pentru debavurarea termică a diferitelor piese din materiale diferite, au fost utilizate următoarele relații, în vederea stabilirii presiunilor de umplere ;

$$P_{O_2} = \frac{4P_eV_e}{5V_{O_2}} \qquad (7)$$

$$P_{CH_4} = \frac{p_cV_c}{5V_{CH_4}} \qquad (8)$$

unde :

P_{O_2} — presiunea de intrare a oxigenului;

P_{cH_4} — presiunea de intrare a gazului metan;

P_c — presiunea de umplere a camerei;

V_c — volumul camerei de explozie;

V_{O_2} ; V_{cH_4} — volumele cilindrilor de dozare pentru oxigen și respectiv gaz metan.

În urma experimentărilor efectuate, s-a demonstrat că debavurarea corectă se produce atunci cînd surplusul de oxigen necesar pentru arderea bavurilor este de minimum 100%.

În funcție de mărimea bavurii, acest surplus poate ajunge pînă la 200% sau 300‰.

Experimentările efectuate pînă în prezent au pus în evidență valorile necesare ale presiunilor de umplere a camerei, în funcție de materialul pieselor.

Rezultatele sînt prezentate în tabelul 2.

Încercările au fost efectuate pe diferite tipuri de piese (fig. 2, 3, 4, 5, 6) din producția de serie a unor întreprinderi din țară (I.M.F. Sinaia, „Steaua Roșie" București, „6 Martie" Zărnești, Întreprinderea de Autocamioane Brașov etc.).

Presiunea amestecului gazos de ardere, funcție de tipul de material al pieselor

Tabelul 2

Material	Presiunea de umplere [daN/cm²]	
	metan (CH_4)	hidrogen (H_2)
Oțel	10 ÷ 22	15 ÷ 25
Fontă cenușie	10 ÷ 15	15 ÷ 20
Zinc	3 ÷ 7	5 ÷ 12
Alamă	10 ÷ 22	15 ÷ 25

În urma măsurărilor efectuate, s-a observat că presiunea în cameră, în timpul exploziei, este de circa 15 — 20 ori mai mare decît presiunea amestecului inițial, trebuind a fi luată în considerare la dimensionarea utilajului.

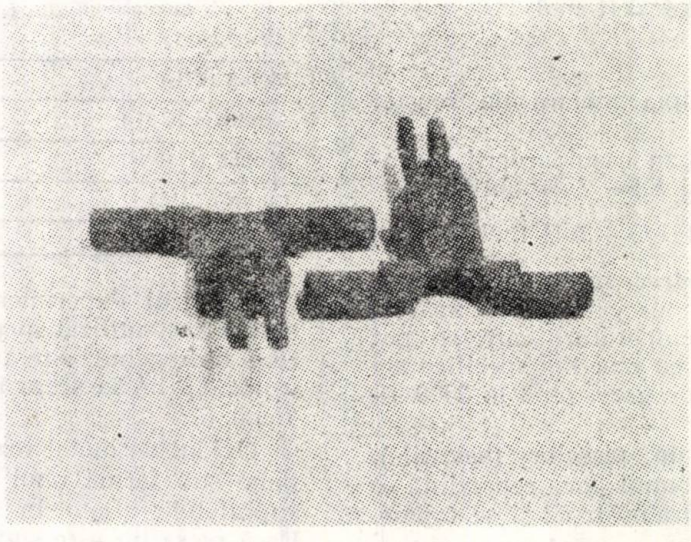


Fig. 2

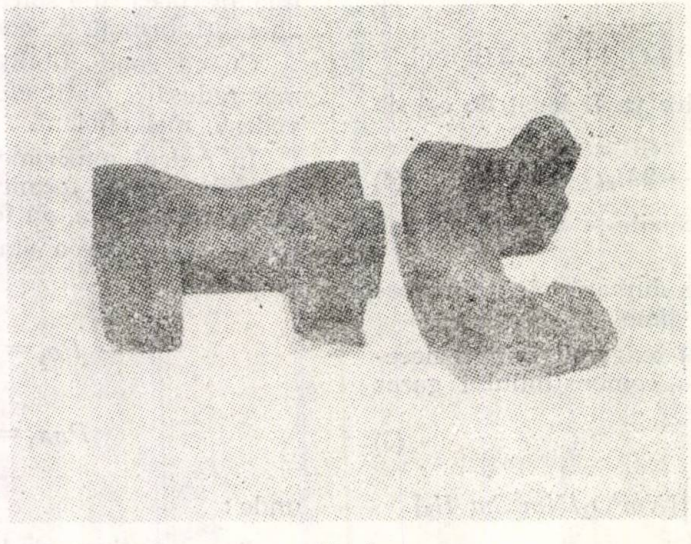


Fig. 3

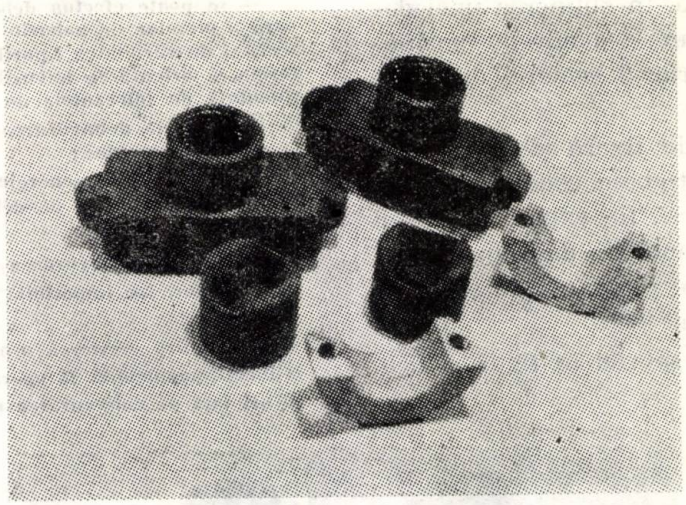


Fig. 4

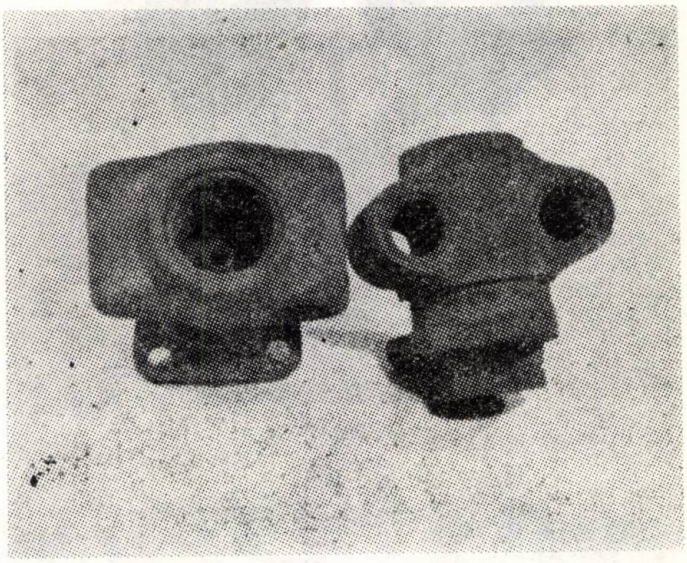


Fig. 5

Fig. 6

Fig. 2, 3, 4, 5, 6 Tipuri de piese supuse procesului de debavurare termică.

De mare importanță, în obținerea unei debavurări corespunzătoare, s-a dovedit poziționarea pieselor în interiorul camerei de debavurare.

Deci, dispozitivul de fixare și poziționare a pieselor în cameră trebuie conceput în așa fel, încît orice bavură să fie expusă frontului de flacără, respectiv muchiile de debavură să nu fie acoperite de alte piese, ori de alte elemente ale dispozitivului.

Diferite dispozitive se văd în figurile 7, 8, 9, 10, 11.

— se poate efectua debavurarea interioară și exterioară a pieselor de gabarite mici și medii, indiferent de seria și de varietatea tipurilor de fabricație, de mărimea, forma și orientarea bavurilor. Debavurarea nu este influențată de toleranțele de poziție ale suprafețelor ;

— tipul de debavurare, pe ciclu, este mai mic decît la celelalte procedee ;

— consumul de „energie piesă" este relativ redus, în raport cu procedeele de debavurare mecanice sau electrochimice.

— permite debavurarea unor repere, care, prin configurația lor, fac imposibilă aplicarea celorlalte procedee cunoscute ;

— asigură creșterea productivității muncii pe seama reducerii manoperei la operația de debavurare (cu peste 20 ori față de debavurarea manuală) ;

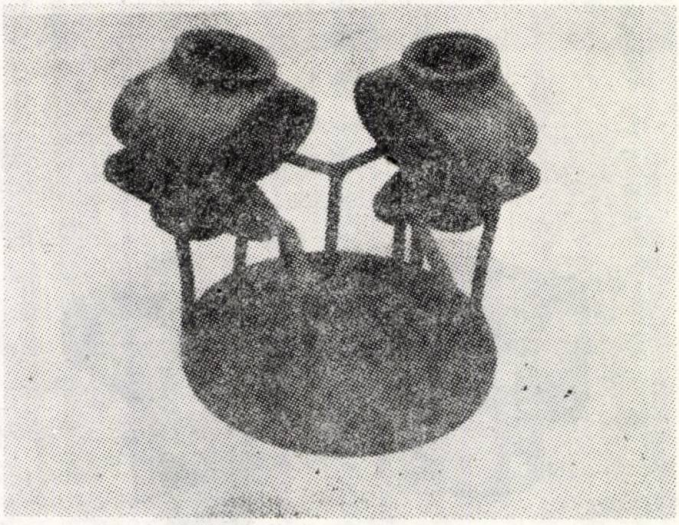


Fig. 7

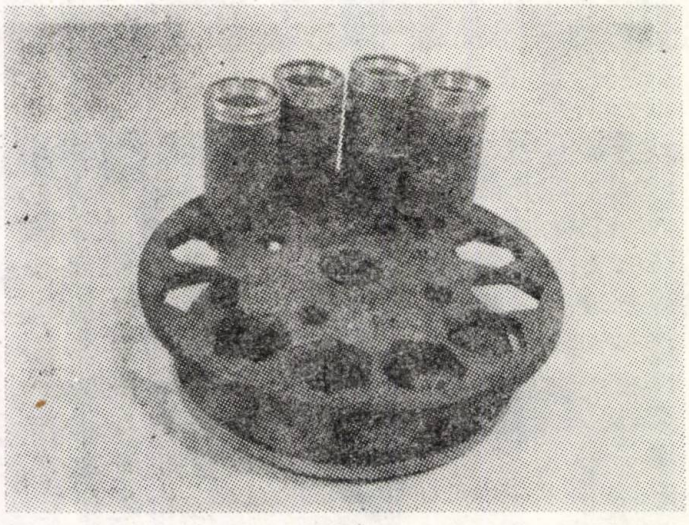


Fig. 8

În **concluzie,** se poate afirma că procedeul de debavurare termică este superior celorlalte procedee de debavurare, datorită în special următoarelor **avantaje :**

— asigură posibilitatea debavurării pieselor din cele mai diverse tipuri de materiale, începînd cu masele plastice, cauciucul și terminînd cu oțelurile aliate și înalt aliate.

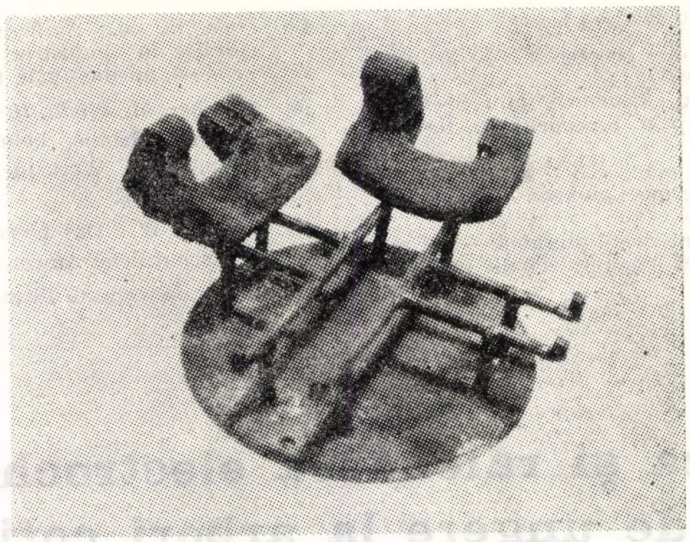


Fig. 9

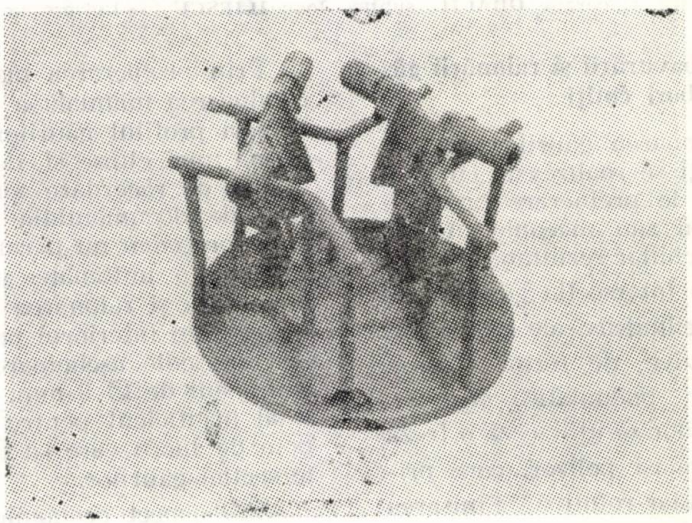


Fig. 10

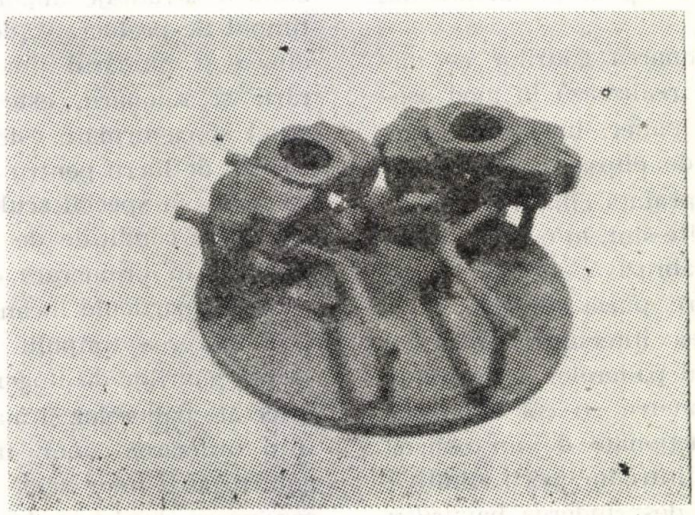


Fig. 11

Fig. 7, 8, 9, 10, 11 Dispozitive de fixare și poziționare a pieselor din camera de lucru.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Bărănescu, G.:* Calculul proceselor de ardere, Buc., Ed. Academiei, 1955.

[2] *Gevorkian, G.G.:* Stanki i Instrumentî, nr. 5—1981. Înlăturarea bavurilor prin procedeul de termoexplozie.

[3] *Gevorkian, G.G., Akopian, S.S.:* Debavurarea pieselor prin metode termoexploxive, Stanki i Instrumentî nr. 9—1981.

[4] *Hollman, V.:* Termisches Entgraten — ein rationelles Verfahren, Fertigungstechnik und Betrieb, 1987.

[5] *Popa, E., ș.a.:* Aplicații ale debavurării electrochimice în industrie. Construcția de mașini, nr. 4—5, aprilie—mai, 1981.

[6] *Tüngher, M., Wicht, H.:* Chemische und technische Zusammenhänhe, beim termischen Entgraten mettalischer Werkstücke. Fertigungstechnik und Betrieb, 1978.

[7] *Ulbriht, W.:* Das termische Entgraten und seine Wirtschaftliche Anwendung, 1976.

[8] x x x : Prospecte Firma Robert Bosch.

CZ : 541.13

Debavurarea și raionarea electrochimică a găurilor de ungere la arbori cotiți

Dr. ing. Mircea **IVAN**, dr. ing. Gheorghe **OBACIU**, subing. Ioan **ILIESCU** — Universitatea din Brașov

Stadiul actual al debavurării și raionării găurilor de ungere la arbori cotiți

Debavurarea și raionarea găurilor de ungere de la arborii cotiți se realizează, cu precădere, prin procedee de prelucrare prin așchiere, conduse manual sau mecanic. Astfel, pentru debavurarea muchiilor rezultate în urma operației de găurire, la intersecția găurilor de ungere cu suprafețele cilindrice ale palierelor, se folosesc scule abrazive, de formă sferică, acționate de un polizor pneumatic portativ. Pentru raionarea muchiilor se utilizează o freză conică, acționată de același polizor, care primește o mișcare pendular-rotativă. Finisarea suprafețelor rotunjite se realizează cu pînză abrazivă, așezată pe un cap de prelucrare din cauciuc.

Debavurarea și raionarea găurilor de ungere din manetoane se realizează în mod asemănător cu cel de la palier, unele deosebiri fiind datorate formei de elipsă a intersecției găurii de ungere cu suprafața cilindrică a manetonului. Sculele folosite sînt, în ordine, freză-deget specială, sculă abrazivă sferică, freză conică și, pentru finisare, pînză abrazivă.

Pentru debavurizarea intersecției găurilor de ungere din interiorul palierelor se introduc burghie cu același diametru cu cel al găurii date, burghiele fiind acționate de un polizor portativ, după care se introduc perii rotative din sîrmă, ce provoacă desprinderea bavurilor de intersecție. Înlăturarea bavurilor desprinse și a impurităților din găuri se realizează cu ajutorul aerului comprimat.

Prin prelucrarea mecanică de așchiere și conducerea manuală a procesului nu se poate urmări profilul găurilor, mai ales al celor de forma unei elipse și, deci, nu se poate realiza o rază de racordare constantă, în limitele cerute de documentația tehnică. De asemenea, acest procedeu nu permite utilizarea unor mașini-unelte automate sau semiautomate. Debavurarea și raionarea intersecției găurilor de ungere din interiorul palierului nu se pot realiza cu scule așchetoare, căci cele mai mari găuri sînt de ∅ 8 mm, spațiul disponibil fiind total insuficient pentru introducerea unor capete de lucru care să urmărească profilul intersecției găurilor.

Sub aspect economic, procedeul de prelucrare prin așchiere și conducere manuală prezintă dezavantaje importante, ca de exemplu : timpul de prelucrare, depinzînd direct de lungimea și numărul muchiilor supuse debavurării și raionării, este foarte mare (12 ... 20 min.) și ca urmare este nevoie de mai multe posturi de lucru pentru același reper, consumul de scule, în special scule abrazive, este relativ mare, iar condițiile de lucru sînt grele, degajîndu-se în prelucrare o mare cantitate de așchii și particule incandescente.

Reducerea timpului la debavurarea intersecției găurilor de ungere cu suprafețele cilindrice ale palierelor și manetoanelor s-a realizat prin utilizarea unor unități pneumatice de găurire și a unor scule speciale avînd con de conducere după gaură și o lamelă așchietoare oscilantă [1]. Dar acest procedeu nu poate asigura raionarea găurilor, ci numai teșirea lor, care conduce la apariția de noi muchii ascuțite

și formarea unei pelicule de ulei necorespunzătoare și nu se pot debavura intersecțiile interioare ale găurilor de ungere.

Un procedeu care permite debavurarea și raionarea prin așchiere a intersecțiilor interioare ale găurilor de ungere constă în trimiterea prin aceste aceste găuri a unui jet de lichid cu granule abrazive. Presiunile de lucru cerute sînt foarte mari, pînă la 400 bar, debavurarea necesitînd sisteme complexe de pompare, filtrare, separare a granulelor și reintroducere a lor în circuitul hidraulic. Pentru debavurări și raionări exterioare, procedeul necesită etanșări pretențioase la presiuni mari, cu uzură rapidă în prelucrare.

Firma Bosch (R.F.G.) oferă tehnologii și instalații pentru debavurarea termică a pieselor executate din materiale feroase și neferoase. Arborii cotiți necesită camere de debavurare etanșe foarte mari, instalațiile de debavurare termică livrabile pînă în prezent, cu dimensiunile camerei de cel mult $\varnothing$ 450 $\times$ 600 mm, fiind insuficiente [2]. Totodată, trebuie subliniat că razele de racordare obținute prin acest procedeu sînt mici, neîndeplinind condițiile cerute la arborii cotiți.

În debavurarea și lustruirea pieselor metalice, o utilizare tot mai largă o au procedeele bazate pe efectele ultrasunetelor la propagarea lor prin lichidele în care sînt imersate piesele de prelucrat. Debavurarea în cîmp ultrasonic utilizează, în primul rînd, fenomenul de cavitație ultrasonică și, într-o mai mică măsură, acțiunea forțelor acceleratoare mari pe care le produc vibrațiile ultrasonore.

În cazul arborilor cotiți, debavurarea și raionarea găurilor de ungere sînt localizate, din care cauză undele ultrasonore trebuie dirijate pe suprafețe relativ mici, dirijarea fiind foarte greu de realizat. Datorită dimensiunilor relativ mari ale arborilor cotiți, sînt necesare cuve mari de lucru și generatoare de ultrasunete cu puteri mari. Cu acest procedeu nu se pot realiza productivitățile cerute la raionarea găurilor exterioare, iar razele obținute la intersecția găurilor interiore sînt foarte mici.

Un procedeu care permite debavurarea și raionarea găurilor de ungere este cel prin eroziune electrochimică. Pe piața mondială sînt oferite numai instalații pentru debavurarea intersecției găurilor interioare, avînd conducere manuală a electrozilor-sculă [3]. Se cere ca, înainte de introducerea arborelui în instalația de debavurare electrochimică, să se execute o operație suplimentară de îndoire a bavurilor spre gaura care face legătura cu manetonul.

Ca urmare a studiilor efectuate, ținînd cont de stadiul actual al tehnicii, se poate concluziona că singurul procedeu care permite efectuarea de debavurări interioare, cu asigurarea unor rotunjiri de 1 ... 1,5 mm, este cel prin eroziune electrochimică.

Deși nu sînt oferite instalații pentru debavurarea și raionarea găurilor de ungere care intersectează palierele și manetoanele, o serie de experimentări preliminare, efectuate pe arbori cotiți, au arătat că este posibilă obținerea de rezultate bune prin aplicarea prelucrării prin eroziune electrochimică și la aceste găuri.

Prin realizarea unei tehnologii optime, adică electrozi-sculă corespunzători și regimuri de lucru optime, este posibilă executarea — dintr-o singură fază — atît a debavurării interioare, cît și a debavurării și raionării exterioare, timpul efectiv de prelucrare fiind de cel mult 1,5 minute.

Cercetări pentru determinarea caracteristicilor electrochimice de bază ale oțelurilor din care se execută arborii cotiți

Pentru a se putea realiza o prelucrare electrochimică corectă, inclusiv o debavurare și o raionare corectă, este necesar să se cunoască proprietățile fizico-mecanice ale materialului, fenomenele intime care însoțesc prelucrarea și caracteristicile electrochimice de bază ale materialului prelucrat. Cercetările au fost canalizate spre debavurarea și raionarea găurilor de la arborii cotiți de 215 CP și 135 CP, din fabricația de autocamioane. Oțelurile din care sînt executați acești arbori cotiți sînt 40 C 10 X pentru 215 CP și 41 Mo C 11 AT 18 pentru 135 CP.

Determinarea caracteristicilor electrochimice de bază s-a efectuat cu un dispozitiv complex de cercetare pe o mașină de prelucrat electrochimic, cu posibilități largi de reglare a parametrilor de lucru [4]. Aceste caracteristici de bază sînt : volumul specific efectiv de material dizolvat, V_{ef}, constanta de dizolvare, B, tensiunea de polarizare, U_{pol} și căderea de tensiune U_p datorită pasivizării.

Pentru determinarea caracteristicilor V_{ef} și B, s-au făcut prelucrări cu diverse viteze de avans, cuprinse între 0,3 și 1,6 mm/min., utilizîndu-se următorii parametri :

tensiunea de lucru U = 17,5 V;

temperatura electrolitului la intrarea în dispozitiv T_i = 303°K;

presiunea electrolitului la intrarea în dispozitiv p_i = 12,5 daN/cm^2;

presiunea electrolitului la ieșirea din dispozitiv p_e = 3 daN/cm^2;

soluția de electrolit utilizată $NaNO_3$ — 20 %;

$pH = 7$.

Pentru fiecare viteză de avans v_A, s-a măsurat, cu ajutorul unui șunt, curentul anodic și

ținînd cont de suprafața frontală a epruvetei, s-a calculat densitatea de curent J, rezultatele experimentale pentru oțelul 41 Mo C 11 AT 18 fiind concretizate în diagrama din figura 1.

Din diagramă se constată că între viteza de avans v_A și densitatea de curent există o dependență liniară :

$$v_A = V_{ef} \cdot J \qquad (1)$$

rezultă că $V_{ef} = 2{,}2$ mm^3/A.min și $B = 0$

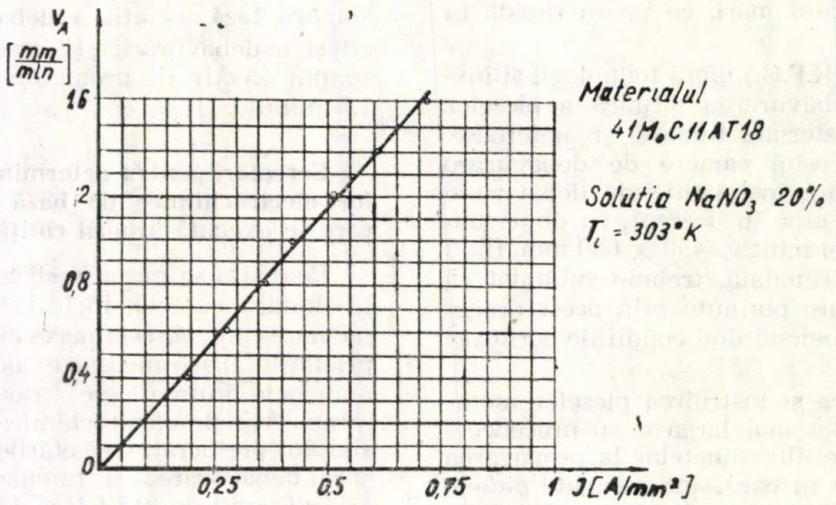


Fig. 1 Dependența dintre viteza de avans și densitatea de curent.

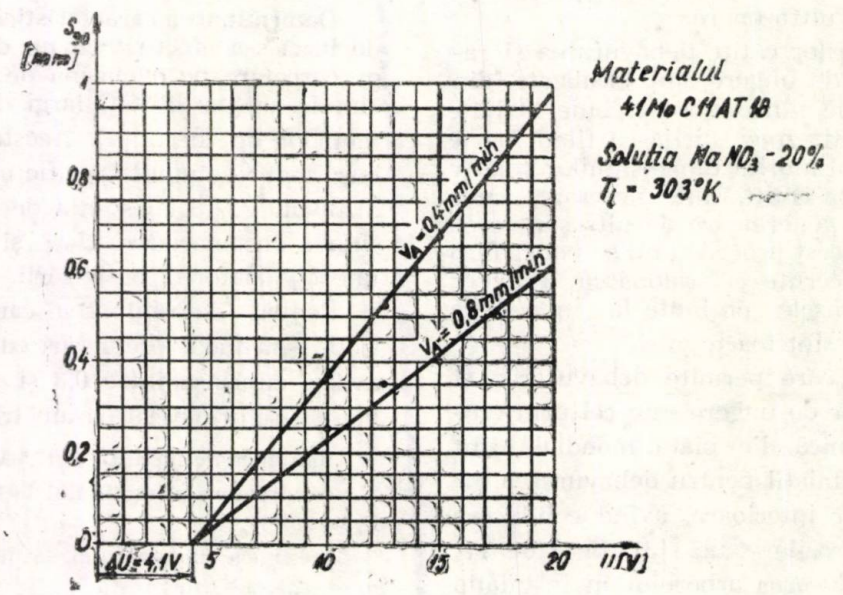


Fig. 2 Dependența dintre interstițiul de lucru și tensiunea aplicată electrozilor.

Tensiunea de polarizare U_{pol} și căderea de tensiune U_p datorată pasivizării se obțin cu același dispozitiv de cercetare, prin efectuarea de prelucrări cu două viteze de avans diferite și diferite tensiuni de lucru, rezultatele obținute pentru oțelul 41 Mo C 11 AT 18 fiind prezentate în figura 2.

Din intersecția dreptelor, ce reprezintă vitezele de avans, cu axa absciselor rezultă :

$$U = U_{pol} + U_p = 4{,}1 \text{ V} \qquad (2)$$

Relația generală de calcul al interstițiului s_{90}

$$s_{90} = (U - \Delta U)\frac{x}{J} \qquad (3)$$

a fost verificată pentru ambele oțeluri de arbori cotiți iar rezultatele obținute pentru oțelul 41 Mo C 11 AT 18 sînt cuprinse în diagrama din figura 3.

Utilizînd aceeași metodologie și aceeași aparatură au fost obținute caracteristicile electrochimice de bază și ale oțelului 40 C 10 X:

$V_{ef} = 2{,}23$ mm³/A.min ; $B = 0{,}28 \frac{mm}{min}$;

$\Delta U = 3{,}6$ V

Dimensionarea electrozilor-sculă

Dimensiunile teoretice ale electrozilor-sculă pentru raionarea găurilor de ungere se stabilesc, în funcție de dimensiunile acestor găuri, de caracteristicile electrochimice de bază și mărimea interstițiului inițial de curgere a electrolitului în zona de lucru.

Poziționarea electrozilor-sculă față de arbori determină valoarea interstițiului frontal s_{90} (fig. 4).

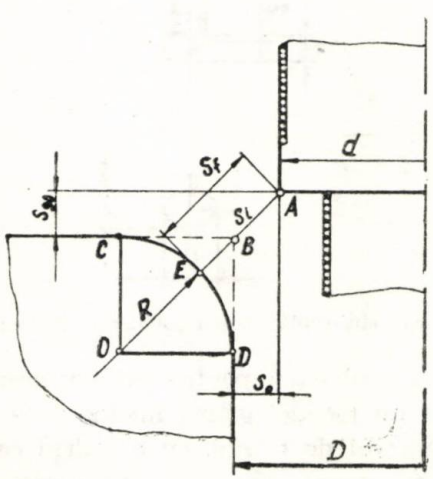


Fig. 4 Poziționarea electrodului-sculă pentru debavurare și raionare.

Ținînd cont de specificul prelucrării electrochimice de obținere a unor rotunjiri ale muchiilor [4], se poate stabili dependența dintre raza de racordare a piesei $R = OE$ și mărimea variației interstițiului $\Delta s = EB$:

$$(OE + EB)^2 = OD^2 + DB^2, \quad (4)$$

sau

$$(R + \Delta s)^2 = 2R^2 \quad (5)$$

$$R^2 + 2R\Delta s + \Delta s^2 = 2R^2$$

$$\Delta s^2 + 2R\Delta s - R^2 = 0. \quad (6)$$

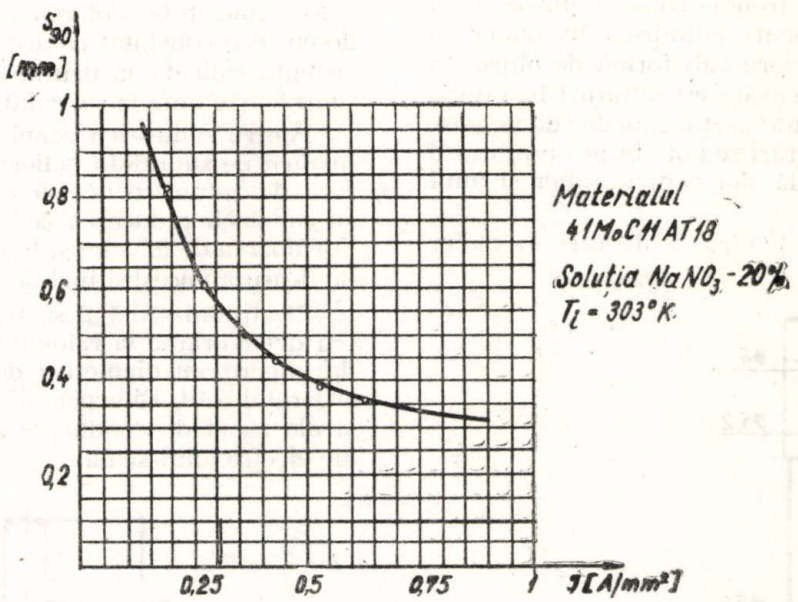


Fig. 3 Dependența dintre interstițiul de lucru și densitatea de curent.

Dacă se rezolvă ecuația (6) se obține :

$$\Delta s_{1,2} = -R \pm R\sqrt{2}$$

Se admit numai valori pozitive pentru Δs, astfel că :

$$\Delta s = R(\sqrt{2} - 1) = 0{,}31\ R \quad (7)$$

Deci, pentru a se obține raionări cu o rază R, trebuie să se realizeze o prelucrare electrochimică pe o lungime Δs.

Dimensiunea neizolată a electrodului-sculă pentru raionare este :

$$d = D - 2s_o \quad (8)$$

în care D este diametrul găurii de ungere, iar s_o — interstițiul lateral.

Electrodul-sculă trebuie să fie amplasat deasupra arborelui cotit, cu un interstițiu frontal s_{90}, egal cu cel lateral. Numai astfel se pot obține raze corecte de rotunjire a găurilor de ungere.

Pentru ca influența prelucrării asupra suprafețelor palierului și manetoului să fie cît

mai mică, electrodul-sculă va fi izolat pe toată lungimea, urmînd ca numai în zona de lucru să fie dezizolat.

În continuare se prezintă rezultatele obținute la dimensionarea electrozilor-sculă pentru debavurarea și raionarea găurilor de ungere de la arborii cotiți de 215 CP. Arborele cuprinde un grup format din două găuri, una cu diametrul de 8 mm, executată în palier perpendicular pe generatoare, iar cealaltă cu diametrul de 6 mm, executată în maneton sub un anumit unghi față de generatoare, care face legătura cu gaura din palier. Pentru acest grup, care se repetă de șase ori, trebuie să se realizeze două debavurări și raionări cilindrice în palier, o debavurare și raionare sub formă de elipsă în maneton și o debavurare cu rotunjiri în interiorul palierului, la intersecția găurilor de ungere. Toate aceste prelucrări se pot obține cu ajutorul a trei electrozi-sculă, doi pentru palier și unul pentru maneton.

Electrozii-sculă pentru prelucrări în palier sînt arătați în figura 5.

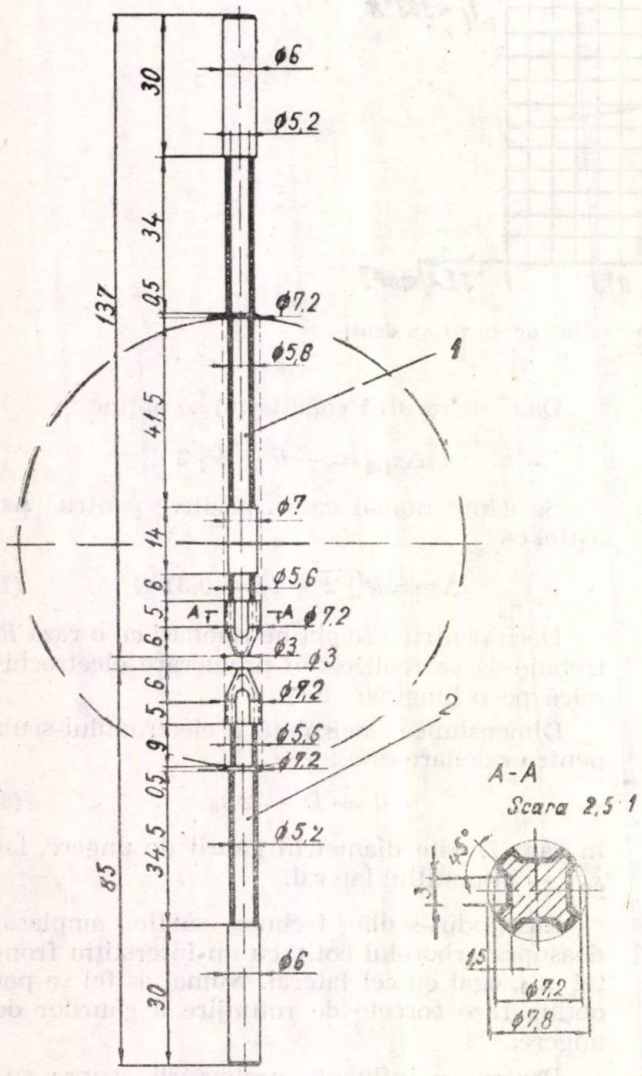


Fig. 5 Electrozii sculă pentru prelucrări în palier.

Electrodul-sculă **1** se utilizează pentru debavurarea și raionarea intersecției găurii cu diametrul de 8 mm cu cilindrul ce reprezintă palierul arborelui cotit și pentru debavurarea intersecției aceleiași găuri cu cea de ungere cu diametrul de 6 mm, ce face legătura cu manetonul arborelui. Pentru asigurarea concentricității electrodului-sculă cu gaura de 8 mm, acesta este prevăzut cu un cap conic, în care sînt executate canale de trecere a electrolitului.

Dintre materialele izolatoare încercate, cele mai bune rezultate au fost obținute cu rilsan care, sub forma unui strat cu grosimea de 0,3 mm, a fost folosit la izolarea zonelor prevăzute în desen. S-a constatat că acest material are o rezistență ridicată la uzură, aderînd în același timp foarte bine la suprafața electrodului-sculă.

Pentru reducerea zonei de influență a prelucrării pe suprafața palierului, asigurîndu-se o rază de rotunjire de 1,5 mm, experimentările au condus la reducerea lățimii inelului dezizolat la valoarea de 0,5 mm și la mărirea zonei izolate de deasupra acestui inel de 34 mm.

Electrodul-sculă **2** se utilizează numai pentru debavurarea și raionarea intersecției găurii de ungere, cu diametrul de 8 mm, cu palierul arborelui cotit. Dimensiunile zonei de prelucrare și ale zonei de conducere sînt identice cu cele ale electrodului-sculă.

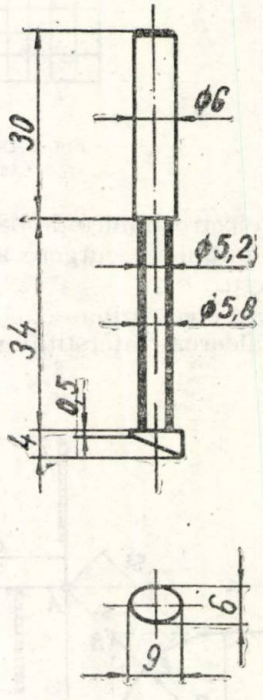


Fig. 6 Electrodul-sculă pentru prelucrări în maneton.

Electrodul-sculă pentru debavurarea și raionarea intersecției găurii înclinate de ungere, cu diametrul de 6 mm, cu cilindrul ce reprezintă manetonul arborelui cotit se prezintă în figura 6.

Dimensiunile părții de prelucrare țin cont de conturul intersecției, elipsă, și de faptul că debavurarea și raionarea trebuie să fie mai accentuate în zona unghiului ascuțit, format de generatoarea manetonului și axa găurii de 6 mm. Partea de prindere și cea izolată au aceleași lungimi ca la electrozii-sculă anteriori.

Determinarea timpului de debavurare și raionare

Timpul de debavurare și raionare depinde de toți parametrii care influențează prelucrarea electrolitică, hotărîtoare fiind însă caracteristicile electrochimice de bază, tensiunea de alimentare a zonei de lucru, conductibilitatea soluției de electrolit și tipul acestei soluții, mărimea interstițiului inițial s_i și a celui final s_f.

Pentru arborele cotit de 215 CP, executat din oțelul 40 C 10 X cu constanta de dizolvare $B \neq 0$, timpul de prelucrare se obține cu relația [4] :

$$t_b = \frac{1}{B^2}\left[V_{ef} \cdot U_E \cdot \varkappa \cdot l_n \frac{V_{ef} \cdot U_E \cdot \varkappa - B s_i}{V_{ef} \cdot V_E \cdot \varkappa - B_{ef}} - B \Delta s \right] \quad (9)$$

La arborele cotit de 135 CP, executat din oțelul 41 Mo C 11 AT 18 cu $B = 0$, timpul de prelucrare se determină cu relația :

$$t_b = \frac{1}{2 V_{ef} \cdot U_E \cdot \varkappa} (s_f^2 - s_i^2) \quad (10)$$

Parametrii de lucru sînt apropiați de cei utilizați la determinarea caracteristicilor electrochimice de bază. Pentru debavurarea și raionarea intersecțiilor exterioare, electrozii-sculă se poziționează astfel ca $s_{90} = 0{,}4$ mm (fig. 4). La un interstițiu lateral $s_o = 0{,}4$ mm, rezultă valoarea interstițiului inițial $s_i = 0{,}56$ mm. Pentru a se realiza o raionare cu raza $R = 1{,}5$ mm, interstițiul inițial trebuie să crească cu $\Delta s = 0{,}61$ mm (7), obținîndu-se un interstițiu final $s_f = 1{,}17$ mm.

La debavurarea interioară, interstițiul inițial a fost stabilit la valoarea $s_i = 0{,}5$ mm, rezultînd pentru electrozii-sculă, în zona neizolată, un diametru mai mic cu 1 mm decît cel al găurii de ungere.

Instalația experimentală și rezultatele obținute

Instalația experimentală cuprinde dispozitivul de centrare și fixare a arborelui cotit de 215 CP, trei capete de lucru reprezentative, mașina de prelucrat electrochimic și aparatura pentru măsurare.

O vedere de ansamblu a dispozitivului de centrare și fixare, montat în cuva de lucru a mașinii de prelucrat, și a capetelor de lucru se prezintă în figura 7.

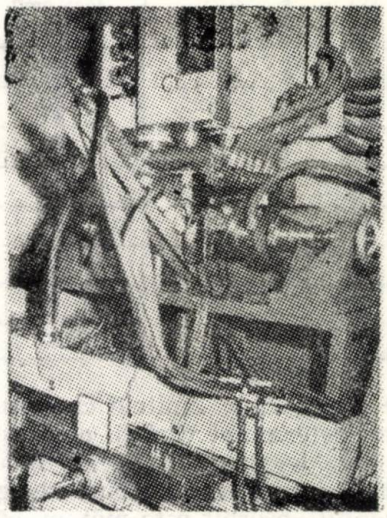


Fig. 7 Dispozitivul experimental de debavurare și raionare arbori cotiți.

Fiecare cap de lucru poartă un electrod-sculă, deplasarea electrozilor fiind efectuată hidraulic. Alimentarea cu electrolit se realizează prin capetele verticale, cu electrozi-sculă pentru prelucrările din palier, iar evacuarea prin capul lateral, cu electrodul-sculă pentru prelucrarea din maneton. Debitul de electrolit este de 26 l/min care asigură o viteză de curgere de 25 m/s în zonele de lucru din palier și 50 m/s în zona de lucru din maneton.

În vederea stabilirii parametrilor pentru fiecare cap de lucru, s-au făcut măsurări ale tensiunii dintre anod și catod și ale curentului absorbit de fiecare electrod-sculă. Rezultatele acestor măsurări pentru electrodul-sculă **1** (fig. 5), care realizează prelucrări exterioare și interioare, sînt cuprinse în tabelul 1.

Tensiunea de lucru U a fost reglată la valoarea de 18 V, prin generatorul de curent continuu al mașinii de prelucrat electrochimic. De asemenea, au fost menținute constante, în tot timpul determinărilor, temperatura și presiunea electrolitului la intrarea în zona de lucru, $T_i = 303°$ K și $p_i = 5$ daN/cm^2. Cu ajutorul unui drosel, montat pe circuitul de ieșire al electrolitului, s-au reglat două valori diferite pentru presiunea electrolitului la ieșire, $p_e = 1{,}6$ și 2 daN/cm^2. S-a măsurat curentul absorbit la pornirea prelucrării, la 0,5 min., 1 min. și 1,5 minute.

Diferențele între valorile măsurate nu sînt mari și apar datorită unor modificări ale lățimii zonei dezizolate din electrodul-sculă, care au condus la modificări ale zonei de influență a prelucrării. De asemenea, variațiile de dimen-

Curentul absorbit de diversele capete de lucru

Tabelul 1

Nr. crt.	U [V]	T_i [°K]	p_i [daN/cm²]	p_e [daN/cm²]	Curentul absorbit I [A]			
					Inițial	0,5 min.	1 min.	1,5 min.
1	18	303	5	1,6	133	119	109	104
2	18	303	5	1,6	129	116	108	102
3	18	303	5	1,6	130	118	106	98,5
4	18	303	5	1,6	129	117	107	103
5	18	303	5	2	128	115	105	97
6	18	303	5	1,6	132	118	107	101
7	18	303	5	1,6	131	118	106	100
8	18	303	5	2	129	117	108	101

siune ale găurilor, în limitele cîmpului de toleranță, au determinat variații ale interstițiilor și deci și ale rezistențelor locale în electrolit. Pentru aceeași prelucrare, la cuplarea generatorului curentul absorbit este maxim, căci interstițiile sînt minime, iar pe măsură ce are loc debavurarea și raionarea, interstițiile cresc, curentul absorbit scade, scăzînd totodată și viteza de prelucrare.

La electrodul sculă 2 curentul inițial a fost de 20 A, care a scăzut pînă la 16 A, iar la electrodul-sculă, pentru prelucrarea din maneton, curentul inițial a fost de 22 A, scăzînd apoi pînă la 18,5 A.

Ținînd cont de numărul total de intersecții exterioare și interioare, de energia necesară pentru circulația electrolitului și de energia necesară pentru deplasarea hidraulică a electrozilor-sculă, rezultă energia totală consumată pentru debavurarea și raionarea găurilor de ungere ale arborelui cotit de 215 CP : de 0,511 kWh.

Măsurările efectuate pe arbori cotiți întregi și pe secțiuni ale acestora, obținute prin retezare, au arătat că, în urma prelucrării, se obțin raze constante de raionare și o calitate ridicată a suprafețelor, atît exterioare cît și interioare.

În concluzie, prin utilizarea debavurării și raionării electrochimice se poate crește productivitatea prelucrării de pînă la 5 ori, în condițiile creșterii calității și a fiabilității arborilor cotiți.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x : Kurbelwellenentgrat maschine. Deutsche Gardner — Denver GmbH.
[2] x x x : TEM — Anlagen. Robert Bosch GmbH
[3] x x x : ECM — Anlagen. Robert Bosch GmbH.
[4] *Ivan, M., Obaciu, Gh.* : Debavurarea electrochimică a roților dințate. Tehnologie și utilaj. In „Construcția de mașini", nr. 10, 1984, p. 544—549.

CZ : 541.13

Prelucrarea electrochimică a lamelelor pentru compresoare*)

Ing. Gheorghe **ORAȘANU**, ing. Eugeniu **POPA**, ing. Ruxandra **DIMITRIU**, ing. Emilian **BĂRBUȚĂ** — I.C.T.C.M. București

Procedeul de prelucrare electrochimică a început să fie aplicat pe scară largă, în primul rînd pentru prelucrarea pieselor din aliaje de titan, niobiu, molibden, wolfram, odată cu creșterea nomenclaturii metalelor și aliajelor care se prelucrează dificil prin metode convenționale.

Particularitățile acestui procedeu determină utilizarea aplicării lui și în condițiile producției de serie, pentru realizarea pieselor de formă complexă și pentru prelucrarea pieselor și a diferitelor repere de serie.

Una din problemele industriei românești, ce trebuie rezolvată pe plan național, este prelucrarea pe contur a unor repere, printre care și lamelele de aspirație și refulare pentru compresoare (fig. 1).

S-a analizat aplicarea celui mai eficient procedeu tehnologic pentru prelucrarea pe contur a lamelelor de aspirație și refulare pentru compresoare, în vederea înlăturării amorselor

*) Lucrarea a fost înregistrată la O.S.I.M., în vederea patentării tehnologiei, cu dosarul nr. 127344 — din 10.03.1937.

de fisură rezultate în urma ștanțării. S-a stabilit aplicarea unui procedeu care să nu utilizeze scule aşchietoare, generatoare de noi amorse de fisură, procedeu care să aibă capacitatea să prelucreze materiale de mare duritate.

— producția anuală.

La baza prelucrării electrochimice, stă principiul dizolvării anodice care presupune :

— anodul-piesă ;

— catodul-electrod de formă profilată conform cu configurația piesei de prelucrat ;

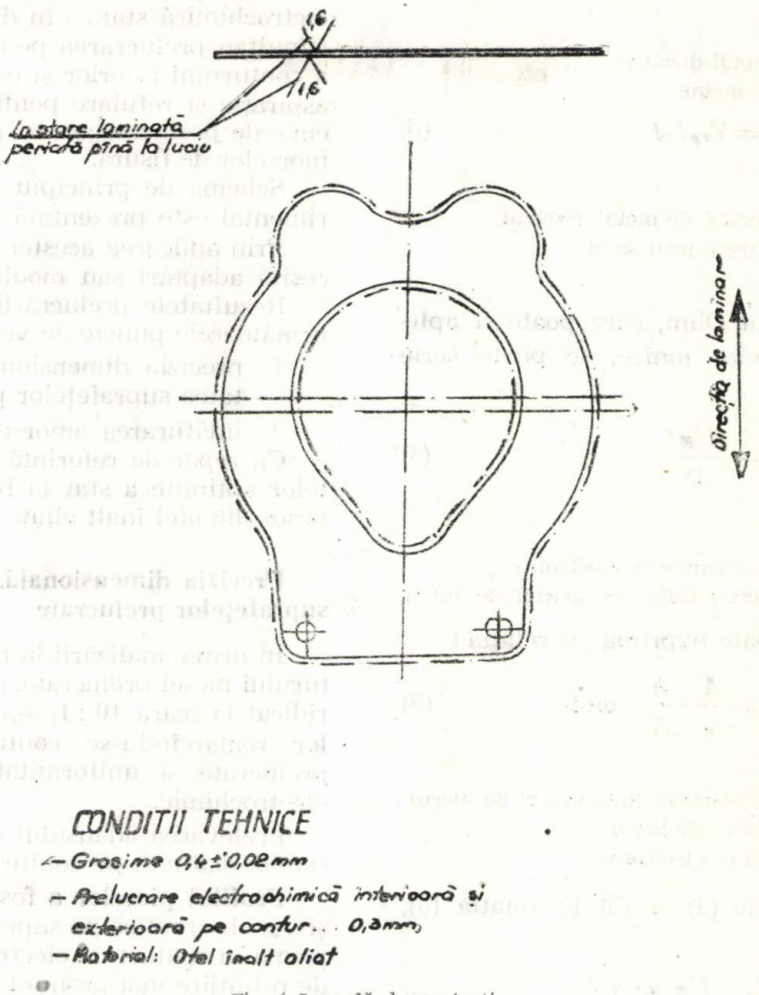


Fig. 1 Lamelă de aspirație.

În urma analizei efectuate, a rezultat necesitatea aplicării procedeului de prelucrare electrochimică, deoarece prezintă următoarele **avantaje :**

— se aplică pieselor din materiale dure și foarte dure ;

— se aplică pieselor cu rigiditate scăzută și la care nu se admite degradarea suprafețelor adiacente ;

— nu provoacă amorse de fisură, prin dizolvarea electrochimică a materialelor metalice.

Pentru aplicarea procedeului, s-au analizat lamelele de aspirație și refulare ale compresoarelor, pe baza unor caracteristici clasificate după următoarele criterii ;

— gabaritul lamelelor ce se prelucrează ;

— adîncimea de prelucrare ;

electrozi legați la o sursă de curent continuu, în prezența unui electrolit circulat cu presiune.

Electrodul-sculă (catodul) nu se deplasează în raport cu piesa ; determinarea variației în timp a mărimii interstițiului dintre electrodul-sculă și piesă are ca scop stabilirea timpului necesar de uzinare, pentru prelevarea unei anumite grosimi de material.

Cantitatea de metal P, dizolvat de pe anod în timpul prelucrării, este exprimată de legea lui Faraday.

$$P = K \int I \cdot dt = Kq \quad \text{unde} \qquad (1)$$

K = echivalentul electrochimic al metalului;

I = curentul care trece prin soluție;

q = cantitatea de electricitate ce trece prin soluție.

Deoarece, la prelucrarea electrochimică, ca parametru, interesează volumul de metal dizolvat și mai puțin masa acestuia, cantitatea de metal P se va exprima astfel :

$$P = V \cdot \rho, \tag{2}$$

unde :

V = volumul de metal dizolvat;
ρ = densitatea de metal.

$$V = V_{sp} I \cdot t \tag{3}$$

unde :

V_{sp} = volumul specific de metal dizolvat;
I = curentul care trece prin soluție;
t = timpul.

Conform legii lui Ohm, care poate fi aplicată și conductoarelor ionice, se poate scrie relația :

$$I = \frac{U_E}{R}, \tag{4}$$

unde :

U_E = căderea de tensiune în electrolit;
R = rezistența electrolitului în spațiul de lucru.

Rezistența se poate exprima cu relația :

$$R = \frac{1}{\varkappa} \cdot \frac{h}{S}, \text{ unde :} \tag{5}$$

h = distanța dintre electrozi (interstițiul de lucru) ;
S = suprafața efectivă de lucru;
$\varkappa$ = conductivitatea electrolitului.

Înlocuind relațiile (4) și (5) în relația (3), obținem :

$$V = V_{sp} \frac{U_E \varkappa \cdot S}{h} \cdot t \tag{6}$$

Ținînd cont, că pentru un timp de lucru dt, se dizolvă metal pe o adîncime dh, volumul dizolvat se poate exprima prin relația :

$$dV = S \cdot d \cdot h \tag{7}$$

Derivînd relația (6) în funcție de timp și înlocuind pe dV din relația (7) obținem :

$$\frac{dh}{dt} = V_{sp} \frac{U_E \cdot \varkappa}{h} \tag{8}$$

unde V_{sp}, U_E, $\varkappa$ — pentru un anumit electrolit și material al piesei sînt constante, se poate scrie :

$$\frac{dh}{dt} = \frac{c}{h} \tag{9}$$

Pentru $t = o$ $h = h_0$, soluția ecuației (9) este :

$$h = \sqrt{2ct + h_0^2}$$

Funcția $h = f(t)$ este o parabolă.

Prin aplicarea procedeului de prelucrare electrochimică statică în dispozitiv, se realizează simultan prelucrarea pe o adîncime de 0,3 mm a conturului interior și exterior al lamelelor de aspirație și refulare pentru compresoare, adîncime de prelucrare care asigură înlăturarea amorselor de fisură.

Schema de principiu a dispozitivului experimental este prezentată în figura 2.

Prin aplicarea acestei soluții, utilajul nu necesită adaptări sau modificări.

Rezultatele prelucrării au fost analizate din următoarele puncte de vedere :

1. precizia dimensională, de forma și calitatea suprafețelor prelucrate ;
2. înlăturarea amorselor de fisură.

Ca reper de referință în aprecierea rezultatelor obținute a stat la bază o lamelă de compesor din oțel înalt aliat.

Precizia dimensională, de formă și calitatea suprafețelor prelucrate

În urma analizării la proiector (10 : 1) a conturului piesei prelucrate, cu desenul piesei finite ridicat la scara 10 : 1, s-a obținut suprapunerea lor remarcîndu-se continuitatea contururilor prelucrate și uniformitatea stratului prelevat electrochimic.

Prelevarea adausului de prelucrare măsurat este de 0,3 mm pe contur.

Profilul pieselor a fost studiat la microscop și s-a observat că pe suprafața lamelei care vine prima în contact cu electrolitul, se obține o rază de rotunjire mai pronunțată ($R = 0{,}3$ mm) decît pe suprafața opusă ($R = 0{,}1$ mm) conform figurii 3, a.

În desenul de execuție a lamelei, raza de otunjire continuă a profilului este $R = 0{,}25$ mm, egală pe ambele suprafețe (figura 3, b).

S-a analizat la microscop calitatea suprafeței conturului rezultat după prelucrarea electrochimică, comparativ cu piesa de referință.

În figura 4 este prezentată, la scara 200 : 1, o porțiune din conturul piesei, în urma prelucrării electrochimice ; suprafața obținută este mată, cu umbre, datorită stratului de oxizi depus, strat care nu influențează caracteristicile fizico-mecanice ale lamelei.

În figura 5 se observă aceeași porțiune de contur, la aceeași scară 200 : 1, obținută după operația de înlăturare a oxizilor prin periere. Comparativ, figura 6 prezintă, la scara 200 : 1, conturul piesei de referință pe aceeași porțiune, remarcîndu-se suprafața lucioasă similară

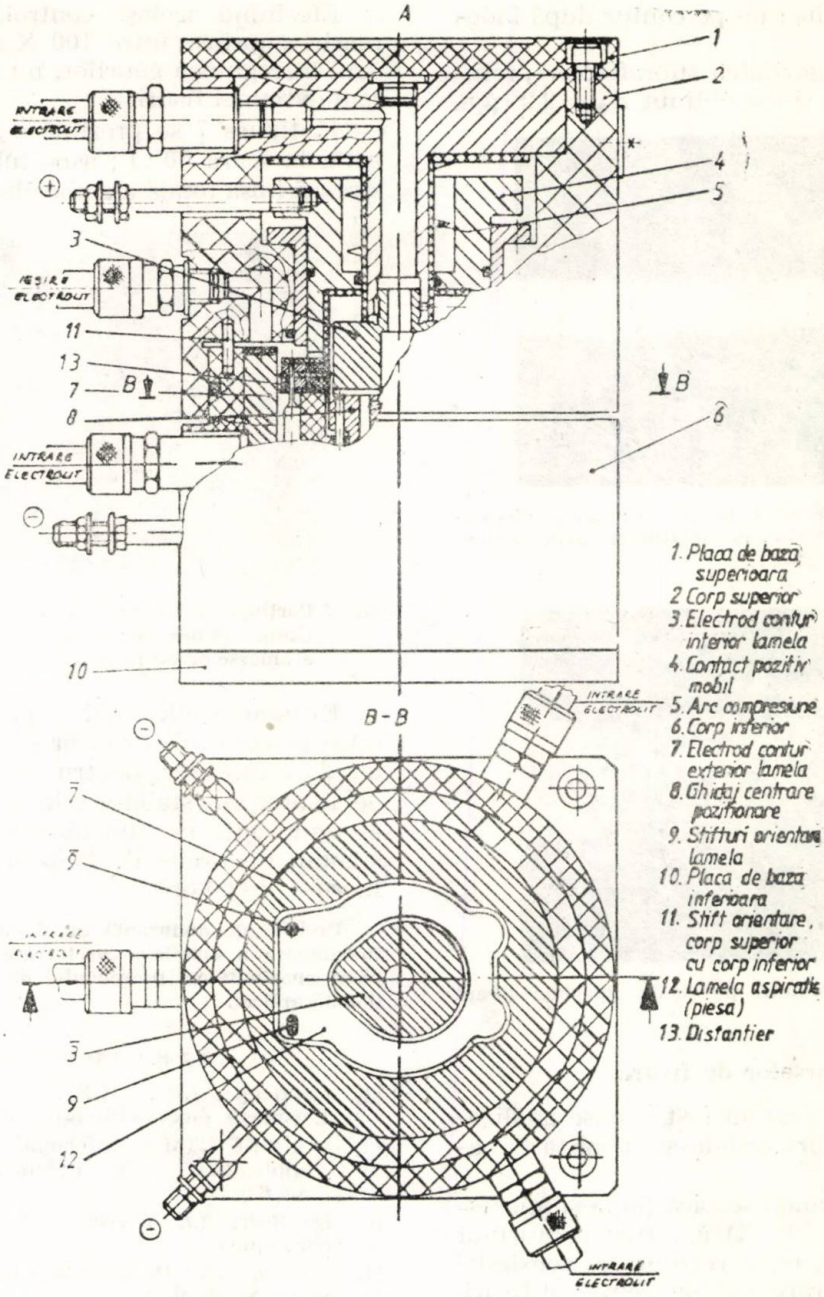


Fig. 2 Dispozitiv de prelucrare electrochimică pe conturul interior și exterior al lamelelor de compresor.

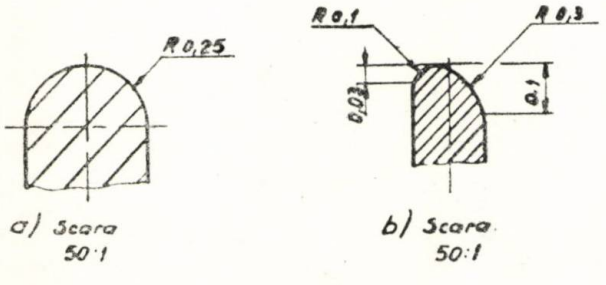


Fig. 3 a) Piesa de referință.
b) Piesa prelucrată electrochimic.

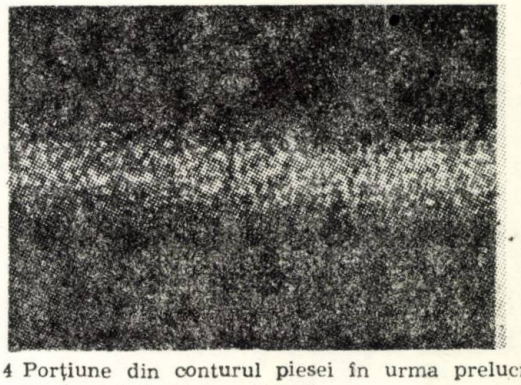


Fig. 4 Porțiune din conturul piesei în urma prelucrării electrochimice (scara 200 : 1).

cu cea a piesei prelucrate pe contur după îndepărtarea oxizilor.

S-a măsurat rugozitatea suprafețelor prelucrate electrochimic și s-a obținut $R_a = 2{,}2$ μm.

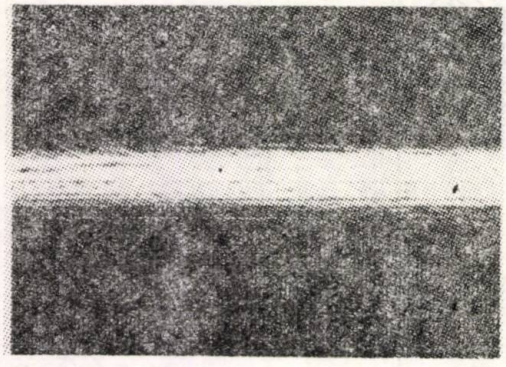


Fig. 5 Porțiune din conturul piesei prelucrate electrochimic după operația de înlăturare prin periere a oxizilor (scara 200 : 1).

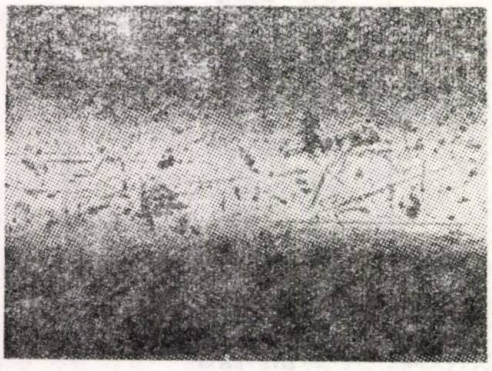


Fig. 6 Porțiune din conturul piesei de referință (scara 200 : 1).

Înlăturarea amorselor de fisură

Lamelele prelucrate au fost supuse analizelor metalografice urmărindu-se depistarea amorselor de fisură.

La examinarea microscopică (lupa și microscop la măriri sub 100 X) a întreg conturului piesei și, cu precădere, a regiunii cu sensibilitate maximă la fisurare, nu s-au remarcat fisuri.

Efectuînd același control, microscopic (la măriri cuprinse între 100 X și 500 X) și insistînd în regiunea găurilor, nu s-a observat existența vreunei fisuri.

În figura 7 se prezintă o porțiune a conturului la scara 50 : 1 ; aspectul acestuia demonstrează lipsa totală a amorselor de fisură (fig. 7).

Fig. 7 Porțiune a conturului piesei prelucrate electrochimic (scara 50 : 1) cu evidențierea lipsei totale a amorselor de fisură.

Evaluarea eficienței prelucrării electrochimice pe conturul exterior și interior al lamelelor de compresor, pentru eliminarea amorselor de fisură, s-a stabilit prin supunerea la probe de anduranță în funcționare a lamelelor, pe standul de probă de la beneficiar — timp de lucru — 1 000 ore.

Probele de anduranță au demonstrat fiabilitatea în funcționare a lamelelor prelucrate electrochimic și implicit oportunitatea procedeului de prelucrare neconvențională aplicat.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Devimeux, I.P.:* CETIM. Information nr. 57 L'usinage électrochimique statique (pag. 70—84).

[2] x x x : CETIM — Information nr. 56 — Modalités d'application du defoncage électrochimique (pag. 63).

[3] *De Barr, A.E., Oliver, D.A.:* L'usinage électrochimique.

[4] *Wilson, F.J.*: Practice and Theory of Electrochemical Machining.

CZ : 541.13

Mașina de prelucrat electrochimic pentru operații de mecanică fină

Dr. ing. Gheorghe **OBACIU**, dr. ing. Mircea **IVAN** — Universitatea din Brașov

Introducere

Mașinile prelucrătoare care au la bază fenomenul de eroziune electrochimică au cunoscut o importantă dezvoltare, în special, pînă în deceniul trecut, cînd ca urmare a unei mai reduse precizii, în comparație cu alte tipuri de mașini, răspîndirea lor a marcat o oarecare stagnare. Două mari avantaje ale procesului electrochimic, și anume posibilitatea prelucrării materialelor de orice duritate și lipsă uzurii electrodului-sculă, au făcut ca ele să rămînă totuși în actualitate, căutîndu-se domenii de utilizare unde aceste mașini să devină competitive sau chiar de neînlocuit. Unul din aceste domenii este cel al perforării materialelor metalice dure, sau mai puțin dure, la diametre foarte mici, realizîndu-se găuri de secțiune oarecare, de adîncime relativ mare (pînă la 15 — 20 diametre), ceea ce prin alte procedee este foarte greu sau imposibil de imaginat. Principalul procedeu posibil a fi utilizat în condițiile date, cel electroeroziv, deși poate realiza același lucru, chiar la precizii mai ridicate, din păcate necesită cîte cel puțin un electrod pentru fiecare gaură, lucru care, evident, complică foarte mult tehnologia de prelucrare.

Plecîndu-se de la aceste considerente, s-a proiectat și realizat o mașină de prelucrat electrochimic, destinată în principal operațiilor amintite mai sus (cu electrod capilar), sau pentru prelucrări spațiale complexe, la dimensiuni reduse. Mașina este destinată, așadar, lucrărilor de mecanică fină, acolo unde precizia de execuție nu este prea ridicată.

Construcția mașinii

Instalația (fig. 1) cuprinde două ansambluri mari și anume : dulapul electric **1** și partea mecanică **2**.

Dulapul electric cuprinde toată instalația electrică (ce va fi descrisă în continuare) precum și pupitrul de comandă și semnalizări.

Partea mecanică cuprinde batiul **2** în care se găsește dispozitivul de lucru, săniile de poziționare, și mecanismul electromecanic de avans. La partea inferioară se găsește amplasat agregatul de recirculare a electrolitului, compus din rezervor cu răcire — respectiv încălzire — automatizată, cu sistemele de filtrare, pompa, precum și panoul hidraulic pentru acționarea pompei de electrolit.

Principalii parametri constructivi ai mașinii sînt :

Dulapul electric $L \times L \times l$
$= 1550 \times 550 \times 700$ mm ;

Tensiunea de alimentare
$= 5350$ vA ;

Tensiunea de lucru
$= 0 — 30$ V stabilizată ;

Intensitatea maximă de lucru
$= 120$ A ;

Tensiunea motorului de antrenare
$= 0 — 45$ V ;

Timpul de acționare a sistemului de protecție la scurtcircuit a electrodului-sculă
$= 30 \cdot 10^{-6}$s ;

Timpul de acționare a sistemului de protecție a generatorului
$=$ aprox. $50 \cdot 10^{-3}$s ;

Productivitate maximă
$\cong 140$ mm^3/min ;

Viteză maximă de avans
$= \pm 110$ mm/min ;

Viteză minimă de avans
$= 0{,}2$ mm/min.

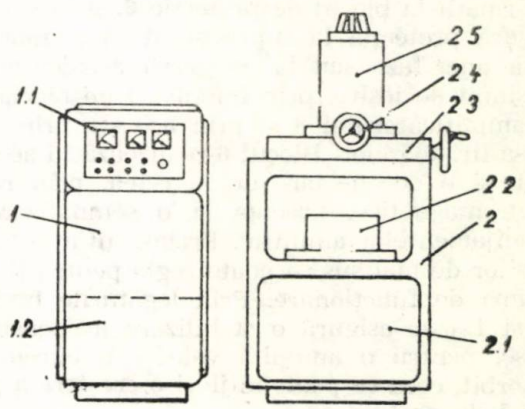


Fig. 1 Instalație pentru microperforări prin electrochimie cu electrod capilar.

Generatorul de curent continuu pentru prelucrare

După cum se poate vedea din figura 2, este vorba de un redresor tiristorizat, comandat în primarul transformatorului de alimentare. S-a ales această variantă din considerațiuni legate

de comanda relativ mai simplă a tiristoarelor de curenți mai mici.

Blocul de tiristoare (cîte două pe fiecare fază, montate antiparalel) este comandat de un sistem de reglare a fazei impulsurilor de comandă, format din blocul 2, care prin intermediul unor transformatoare pe fiecare fază transmite prin $L_{4, 5, 6}$ impulsuri de comandă blocului 4, formator de impulsuri reglabile ca fază între 0 și 180°.

Prin $L_{17, 18, 19}$ acestea sînt transmise preamplificatorului 8 și apoi amplificatoarelor de putere 81, 82. Acestea din urmă sînt legate la grilele tiristoarelor prin intermediul unor circuite de separare galvanice (blocurile 71, 72, 73), care au în același timp rolul de stabilizatoare de amplitudine și protecție a joncțiunii poartă — catod. Prin legătura $L_{8, 9, 10}$ de la blocul de impulsuri sinusoidale de comandă, se transmit informații la blocul de protecție 6, prin care se asigură protecția la supracurent în primar, la lipsa unei faze sau la creșterea accidentală a tensiunii de ieșire, prin impulsuri de blocare a preamplificatorului 8 și prin aceasta prin blocarea tiristoarelor. Blocul 6 realizează în același timp și o deconectare de la rețea, prin relee electromagnetice, precum și o semnalizare a deranjamentelor amintite. Pragul tuturor funcțiunilor de mai sus se poate regla pentru limita optimă de funcționare. Prin legăturile inverse L_7 și L_{11} se asigură o stabilizare a tensiunii alese, pentru o anumită valoare a curentului absorbit, ceea ce poate mijloci o creștere a preciziei de prelucrare.

Regimul termic optim al dispozitivelor semiconductoare (tiristori, diode) este asigurat de o circulație forțată a aerului, în lipsa generatorul se autodeconectează.

Generatorul de curent continuu pentru mecanismul de avans

Este realizat sub forma unui redresor bialternanță (cu priză mediană) cu tiristoare comandate. Dat fiind curentul mic absorbit de motorul de curent continuu cu intrefier axial, pentru acționarea mecanismului de avans, cele două tiristoare sînt montate direct în circuitul de curent continuu.

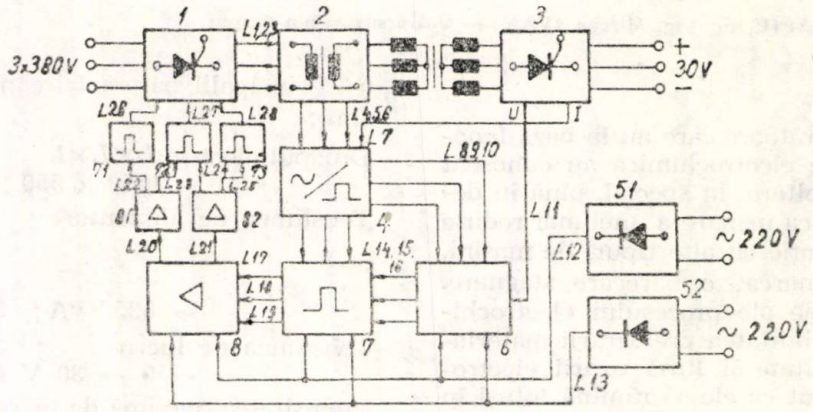


Fig. 2 Generator de curent continuu pentru prelucrare.

Schema de comandă este simplă și cuprinde un formator de impulsuri cu fază reglabilă (blocul 3), comandat de blocul de impulsuri de sincronizare 4. Tensiunea redresată, cu pulsația de 100 Hz, este aplicată motorului prin intermediul

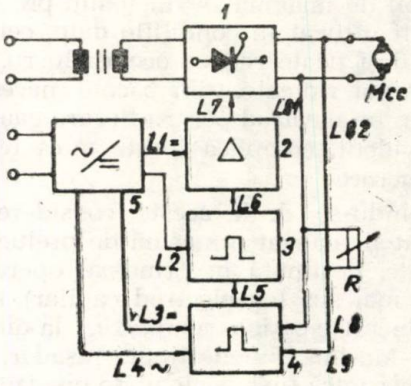


Fig. 3 Generator de curent continuu pentru mecanismul de avans.

contactelor unor contactoare cu care se realizează sensul deplasării și automatizarea secvențelor de lucru. Viteza necesară de avans se obține prin reglarea manuală a tensiunii de alimentare a motorului, cea de apropiere rapidă (sau retragere) făcîndu-se totdeauna la viteză constantă (110 mm/min). Acest lucru se realizează prin scurtcircuitarea sistemului de reglare a fazei impulsurilor, adică prin realizarea unei faze 0 a impulsurilor ce se aplică pe grila tiristoarelor.

Printr-o construcție îngrijită a mecanismului de avans, s-au realizat timpi de răspuns (înglobînd toate întîrzierile de la comandă la execuție) de 0,14 ms, la comutarea AR — AT, și de

10 — 15 ms de la AT — RR, ceea ce satisface din toate punctele de vedere condițiile de protecție a generatorului și a sculei.

Regimurile de lucru, precum și funcțiunile realizate ale ambelor generatoare sînt semnalizate și pot fi urmărite pe pupitrul de comandă, ceea ce asigură o foarte comodă și eficientă servire a mașinii.

Protecția la scurtcircuit

După cum se cunoaște, scurtcircuitul între electrozi este periculos pentru generatorul de curent continuu, însă, în cazul prelucrării electrochimice, date fiind particularitățile tehnologice, el devine deosebit de periculos pentru electrodul-sculă. În cazul prelucrării cu electrozi capilari, acest fenomen este și mai dăunător. În lucrările de specialitate, se întîlnesc multe referiri ale cercetărilor în această direcție.

Problema se pune diferit pentru instalația electrică și pentru electrodul-sculă.

Astfel, pentru primul caz, un scurtcircuit care provoacă o creștere considerabilă a curentului absorbit se poate constitui în semnal de comandă pentru deconectarea generatorului și retragerea electrodului-sculă. Timpul scurs între apariția scurtcircuitului și deconectare nu este periculos de mare pentru generator. Pentru electrodul-sculă, însă, un scurtcircuit poate să ducă la distrugerea, în cel mai bun caz, locală, iar la electrozii de dimensiuni reduse, chiar la scoaterea lor din uz. Din acest motiv, se impune deconectarea sursei și oprirea avansului, înainte de atingerea electrozilor, la producerea așa numitului „scurtcircuit nemetalic". Sistemele care pînă în prezent au fost concepute au drept date de intrare variația instantanee a tensiunii (du/dt), variația conductivității electrod-electrod ($\varkappa$), sau variația intensității curentului (dI/dt). Aceste fenomene se pot constitui în semnale de comandă pentru oprirea

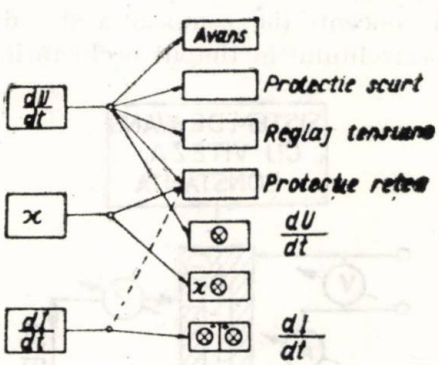


Fig. 4 Schema de protecție la scurtcircuit.

avansului (fig. 4), reglarea tensiunii, deconectarea ei, protecția rețelei, sau pentru semnalizările corespunzătoare. Variația curentului care se produce în momentul premergător contactului metalic are loc însă nu în sensul creșterii lui, ci invers (fig. 5), ceea ce de fapt îngreunează foarte mult o bună protecție, mai ales în ceea ce privește promptitudinea ei. În cercetările

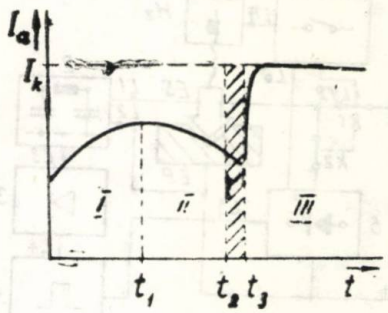


Fig. 5 Variația curentului în momentul premergător scurtcircuitului.

efectuate de unii autori [2], s-a stabilit că înaintea apariției scurtcircuitului propriu-zis, pe componenta continuă a curentului dintre cei doi electrozi, apare o componentă oscilatorie cu o frecvență, în funcție de regimul de lucru, cuprinsă între 0,1 și 2 MHz (fig. 6). Acest fenomen precede scurtcircuitul cu un timp vari-

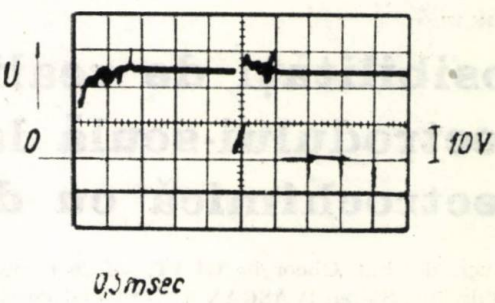


Fig. 6 Variația tensiunii în momentul premergător scurtcircuitului.

abil de ordinul a circa 0,5 ms, insuficient pentru a deconecta în timp util sursa. Din această cauză au fost concepute sisteme care să protejeze, în special, scula și care să acționeze într-un timp de 10 pînă la 100 ori mai scurt. Mașina prezentată este dotată cu un monitor pentru protecția la scurtcircuit, care alături de protecția care deja a fost prezentată, asigură o deconectare extrem de rapidă. Principiul ei este simplu și are la bază fenomenul descris anterior (fig. 7). Oscilațiile care se produc, premergător unui scurtcircuit accidental, comandă prin intermediul blocului **2**, un filtru activ acordat pe frecvența determinată experimental, amplificatorul **3** și formatorul de impulsuri de comandă **4**, blocul de tiristoare **5** legat în paralel cu cei doi electrozi. Tiristoarele, intrînd în conducție, scurtcircuitează electrozii și astfel aceștia nu mai sînt în pericolul de a se distruge prin

creșterea curentului. Concomitent, se dă comanda de oprire a avansului și deconectare a sursei.

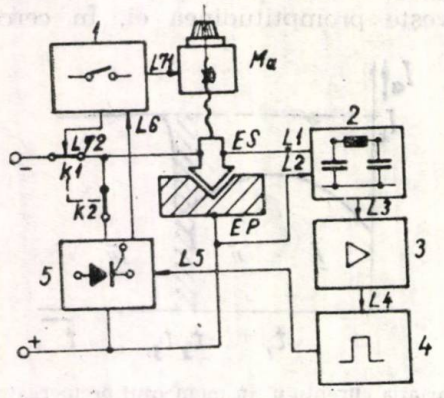


Fig. 7 Monitor pentru protecție la scurtcircuit.

Timpul scurs între apariția oscilațiilor și suntarea electrozilor este foarte scurt (egal cu timpul de intrare a lor în conducție), așa încît electrodul-sculă este protejat împotriva deteriorării sale electrice. Timpul de la intrarea în conducție, pînă la deconectarea sursei, este de circa 27 — 30 ms, timp nepericulos din punctul de vedere al supraîncărcării tiristoarelor de scurtcircuitare. În acest interval de 30 — ms pînă la deconectare și încă altele 100 — 150 ms pînă la oprirea avansului sculei, acesta mai înaintează un spațiu mai mic decît interstițiul și în acest mod se evită distrugerea sa mecanică. Experimentarea subansamblurilor descrise a pus în evidență că funcționarea în sistem a lor poate satisface exigențele impuse acestui utilaj.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Obaciu, Gh.* : Contribuții la studiul proiectării mașiniilor de electroeroziune. În : Construcția de nr. 5, 1971, București.

[2] *Stockmann, R.* : Generatoren und elektrische Einrichtungen für die elektrochemische Metallbearbeitung, Diss. TH. Aachen, 1970.

[3] *Obaciu, Gh., Ivan, M.* : Mecanism elecromecanic de avans pentru mașini de electroeroziune. În : Construcția de Masini, nr. 9, 1984, București.

[4] *Ivan, M., Rusan, Gh.* : Contribuții la prelucrarea prin procedeul electrolitic a matrițelor. În : Construcția de Mașini, nr. 4, 1970, București.

CZ : 541.13

Posibilități de realizare a avansului electrodului-sculă la prelucrarea electrochimică cu depasivare hidrodinamică

Șef lucr. dr. ing. Gheorghe **GUTT**, șef lucr. ing. Sonia, **GUTT** — Institutul de Învățămînt Superior Suceava
Prof. dr. ing. Ștefan **IVĂȘCAN** — Institutul Politehnic Iași

Un proces de prelucrare electrochimică dimensională cu depasivare hidrodinamică (ECMH) se desfășoară în bune condiții, atunci cînd interstițiul de lucru rămîne constant în timpul prelucrării.

Principial, sînt două posibilități, de avans al electrodului-sculă :

— avans cu viteză de avans constantă ;
— avans cu viteză de avans variabilă.

În cazul avansului cu viteză de avans constantă, interstițiul de lucru frotal δ_f se autoreglează (fig. 1). Dacă exemplificăm apar două situații concrete :

1) la creșterea lui δ_f

$\delta_f \nearrow R \nearrow I \searrow m_{daz} \searrow$ la menținerea constantă a vitezei de avars valoarea interstițiului de lucru se va restabili ;

2) la scăderea lui δ_f

$\delta_f \searrow R \searrow I \nearrow m_{daz} \nearrow$ la menținerea constantă a vitezei de avans și în acest caz valoarea interstițiului de lucru se va restabili.

Dezavantajul acestui mod de avans este acela că autoreglarea se produce lent și la o altă valoare decît cea prescrisă inițial pentru interstițiul de lucru. Modificări inevitabile privind concentrația, compoziția și hidrodinamica electrolitului în timpul prelucrării duc la

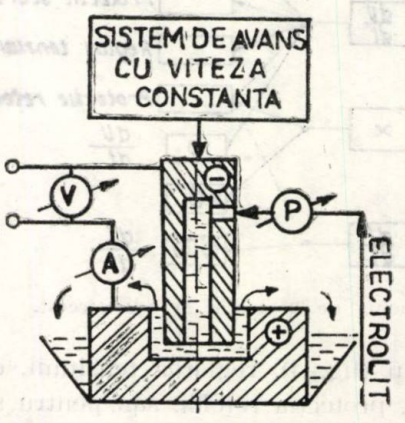


Fig. 1 Sistemul de avans cu viteza constantă.

modificări ale proprietăților electrice ale electrolitului, astfel încît avansul catodului după schema din figura 1 este recomandat numai pentru prelucrări nepretențioase, cum este găurirea electrochimică simplă.

Menținerea interstițiului de lucru la o valoare constantă, prin modificarea vitezei de avans a catodului, reprezintă o soluție mai avantajoasă, deoarece acest avans este „adaptiv". La acest sistem este obligatorie folosirea cel puțin a unei bucle de reacție [1, 2], ca parametri de reacție alegîndu-se diferite mărimi de proces [3, 4], care reflectă cît mai fidel evoluția interstițiului de lucru. Astfel se pot folosi, ca parametri de proces :

— căderea de presiune în interstițiul de lucru;

— căderea de tensiune în interstițiul de lucru.

Dacă se analizează cei doi parametri se desprind următoarele concluzii :

— căderea de presiune în interstițiul de lucru poate fi folosită ca mărime de reacție, la operația de găurire electrochimică cu geometrie simplă a găuririi, pe adîncimi mici. Acest parametru nu poate fi folosit ca mărime de reacție, în cazul găuririi electrochimice complexe, pe adîncimi mari, din cauză că, în afară de mărimea interstițiului de lucru, căderea de presiune mai depinde și de variația vîscozității electrolitului, variația temperaturii electrolitului, adîncimea de prelucrare, tipul de material prelucrat, curgeri preferențiale ale electrolitului, neomogenitatea structurală a metalului sau a aliajului din constituția anodului.

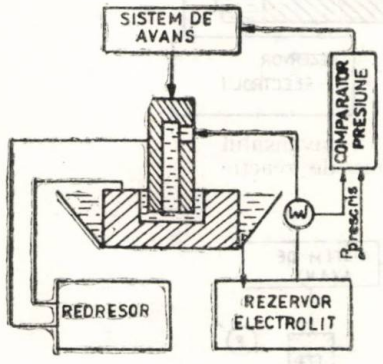


Fig. 2 Schema sistemului de avans automat a electrodului-sculă avînd ca mărime de reacție căderea de presiune în interstițiul de lucru.

Denivelări ale anodului sub forma unor microvîrfuri se răsfrîng slab asupra presiunii electrolitului, în schimb pot provoca scurtcircuite care au ca urmare uzura ridicată a catodului. Schema de reglare a avansului catodului avînd ca mărime de reacție căderea de presiune în interstițiul de lucru este reprezentată în figura 2.

— căderea de tensiune în interstițiul de lucru reprezintă o măsură a valorii acestuia, prin lungimea rezistorului electrochimic existent în spațiul dintre cei doi electrozi.

Schema de reglare după acest parametru este redată în figura 3.

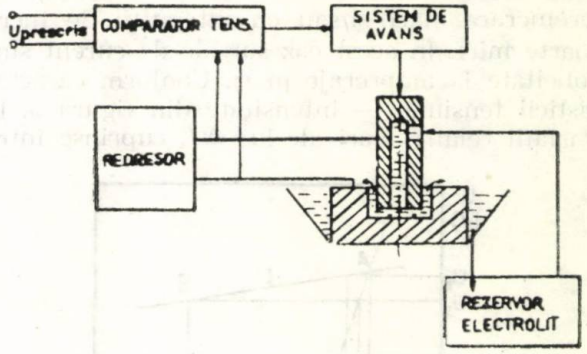


Fig. 3 Schema sistemului de avans automat a electrodului-sculă avînd ca mărime de reacție căderea de tensiune în interstițiul de lucru.

Variațiile de tensiune mai depind și de modificările de conductivitate a electrolitului, cauzate de variațiile de concentrație, compoziție și *pH*, ca urmare a trecerii ionilor metalici în soluție și a creșterii temperaturii. Din acest motiv, pentru realizarea avansului cu o valoare constantă a interstițiului de lucru, din căderea de tensiune trebuie eliminate variațiile de tensiune care reflectă influența altor parametri, astfel încît acest parametru să rămînă exclusiv o măsură a variației interstițiului de lucru. Acest lucru se realizează folosindu-se un circuit sumator, în care intră variațiile de tensiune din circuit, precum și o tensiune care exprimă variația de conductivitate a electrolitului. La ieșirea din sumator, se obține o tensiune corectată, care reprezintă numai expresia mărimii interstițiului (fig. 4).

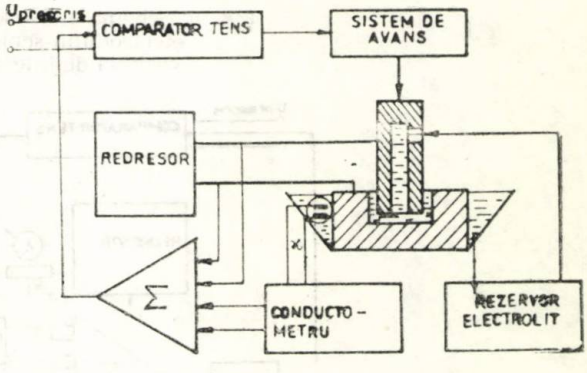


Fig. 4 Schema sistemului de avans automat a electrodului-sculă cu compensarea variațiilor de conductivitate a electrolitului.

Prin introducerea acestei tensiuni în comparatorul de tensiune în care mai intră valoarea prescrisă a tensiunii corespunzătoare unui anumit interstițiu de lucru, se obține mărimea de eroare ε, prin intermediul căreia se comandă

restul lanțului de reglare automată, inclusiv elementul de execuție care realizează avansul catodului.

O situație deosebită la reglarea avansului apare atunci cînd se lucrează cu suprafețe de prelucrare mari și/sau cu interstiții de lucru foarte mici. În acest caz sursele de curent sînt solicitate la ampreraje mari. Conform caracteristicii tensiune — intensitate din figura 5, la variații relativ mari ale lui ΔI, cuprinse între

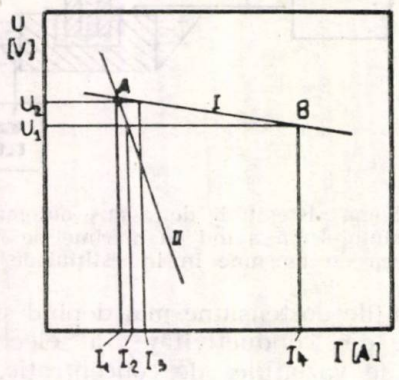


Fig. 5 Caracteristica tensiune-curent a unei surse de curent continuu cu caracteristică scăzătoare.

punctele **A** și **B**, corespund variații de tensiune ΔU cuprinse între punctele **B** și **C** relativ mici. Din acest motiv, folosirea căderii de tensiune, ca măsură a interstițiului de lucru, nu este indicată din cauza plajei mici de variație a acesteia. În acest caz se poate folosi variația de intensitate ca mărime de reacție în SRA a avansului (fig. 6).

Efectul ohmic pronunțat la intensități mari de curent a făcut necesară și o corecție a căderii de tensiune de pe șuntul **R** al ampermetrului, cu o tensiune proporțională cu creșterea de temperatură sesizată, de o termozistență plasată în cuva electrolitului. Tot aici se găsește și traductorul conductorului de platină pentru corecția de conductivitate.

În figura 7 este reprezentată o schemă de reglare tot după variația de intensitate cu deosebirea că la reducerea interstițiului de lucru în timpul prelucrării, sistemul de avans automat nu acționează în sensul reducerii vitezei de avans, cum este cazul la sistemul din figura 6, ci în sensul măririi intensității curentului, pentru valori mici ale timpului. La creșteri în sens pozitiv peste o anumită valoare a lui ΔI, (fig. 5), creșteri sesizate de

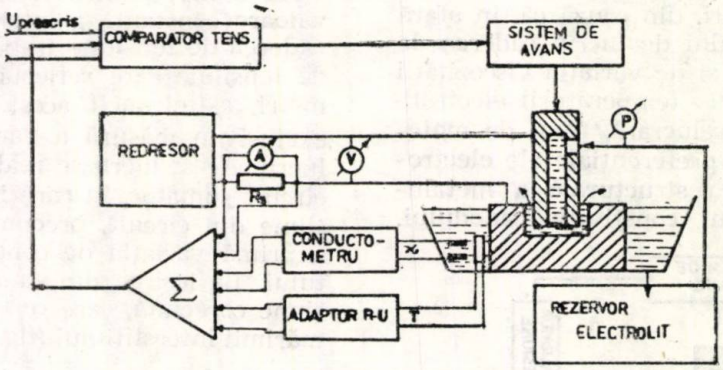


Fig. 6 Schema de reglare automată a avansului electrodului-sculă avînd ca mărime de reacție variația de intensitate.

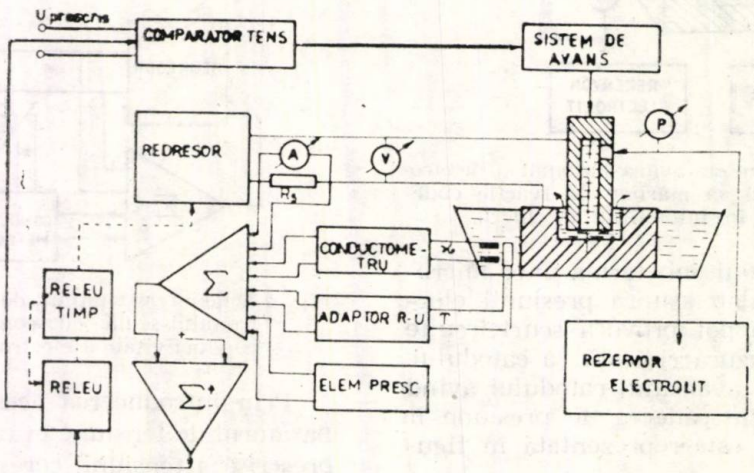


Fig. 7 Schema de reglare automată a avansului cu comanda intensității curentului furnizat de sursă.

primul sumator, prin compararea mărimii ΔU_{Rs} cu U_1 prescris, S.R.A. a avansului realizează creșterea intensității curentului prin comanda sursei de alimentare. În acest scop, sumatorul 2, care deosebește variațiile în sens pozitiv $\Delta I+$ de variațiile în sens negativ $\Delta I-$ comandă un releu care deconectează reacția buclei de avans automat și comandă bucla pentru creșterea intensității curentului. Aceasta rămîne conectată pînă cînd sumatorul 2 sesizează variații ale lui ΔI în sens negativ, care corespund la creșteri ale interstițiului de lucru. Se poate lucra și incremental, prin înscrierea unui releu de timp pe bucla de reglare a intensității. Acest procedeu de reglare oferă productivitate mare procesului și este indicat în regimuri de prelucrare electrochimică brută. În regimuri de finisare nu este recomandat, deoarece variații ale regimului electrotehnologic duc la variații ale interstițiului de lucru lateral, ce se manifestă în ușoare abateri de geometrie ale pereților cavității obținute.

Colectivul de autori a avut în vedere nu numai găsirea soluțiilor optime privind mărimile de comandă, ci și alegerea și perfecționarea elementelor din S.R.A. [3, 4]. În ceea ce privește elementele de execuție, s-a produs o contribuție originală la reglarea automată a avansului la mașina de găurit electrochimic de banc MGEI [7, 8], obținîndu-se o reglare fină a vitezei de avans, lucru greu de realizat cu ajutorul S.R.A. clasice. În figura 8 este reprezentat schematic sistemul de avans automat fo-

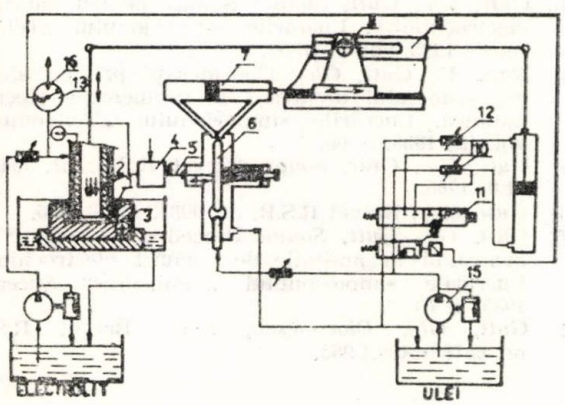


Fig. 8 Sistemul de avans automat al mașinii de găurit electrochimic de banc MGE 1 [7, 8].

losit la această mașină. Soluția reprezentată corespunde folosirii, ca mărime de reacție, a căderii de presiune în interstițiu, dar poate servi pentru reglare și în cazul utilizării căderii de tensiune sau a variației de intensitate, ca mărime de reacție.

Electrodul-sculă **2** și piesa de prelucrat **3** lucrează ca un traductor de tip ajutaj-paletă. Diferența dintre presiunea în interstițiul de lucru și presiunea prescrisă reprezintă mărimea de eroare ε, prin intermediul căreia, elementul de execuție **5** comandă amplificatorul **6**, care acționează motorul liniar **7** deplasînd punctul de aplicație al pîrghiei de avans **9** în sensul creșterii sau descreșterii vitezei de avans, în vederea restabilirii cît mai rapide a valorii prescrise a interstițiului de lucru. Reglarea se efectuează în cadrul unei trepte brute a vitezei de avans, prescrisă prin droselul **10**, în funcție de regimul electrotehnologic folosit și în funcție de tipul de material prelucrat. Revenirea rapidă a electrodului-sculă după găurire se face prin comanda sertarului **11**, care trece în by-pass peste droselul **10** și **12**. Ca sistem de protecție la scurt-circuit, în cazul defectării sistemului de reglare automată, este folosit manometrul cu contact **13**, care la un anumit nivel al căderii de presiune acționează sertarul electromagnetic **14**, care introduce pompa hidraulică **15** în regim de recirculare, iar la un nivel și mai ridicat al presiunii deconectează sursa de curent prin contactul **16**.

Procesul de prelucrare electrochimică este foarte complex și depinde de mulți parametri, astfel încît nici unul dintre sistemele de reglare automată a avansului prezentate în lucrare nu este perfect, soluția optimă alegîndu-se în funcție de criterii economice și de calitatea prelucrării. Controlul complet al procesului de prelucrare electrochimică cu depasivare hidrodinamică se poate face numai folosind un microprocesor (fig. 9), care are ca mărimi de intrare cele referitoare la electrolit, în zona intrării în interstițiu C_i, pH_i, T_i, $\varkappa_i$, P_i și la ieșirea din interstițiu C_f, pH_f, T_f, $\varkappa_f$, P_f precum și mărimi referitoare la debitul electrolitului, viteza de avans a catodului, tensiunea și intensitatea curentului. Modelul matematic al procesului se introduce în microprocesor prin consolă. Mărimile de ieșire din microprocesor constituie mărimi de reacție, în buclele de reglare a presiunii, a vitezei de avans a catodului, a intensității curentului, precum și pentru parametrii electrolitului C, pH, $\varkappa$, T. Buclele pentru reglarea C și pH reclamă un efort economic mare; ca atare este recomandat să se folosească numai bucla de reglare a temperaturii, microprocesorul luînd măsurile de modificare a vitezei de avans a catodului, funcție de evoluția dinamică a mărimilor C_f, pH_f, $\varkappa_f$ și a bilanțului de materiale pe care îl efectuează în timp real.

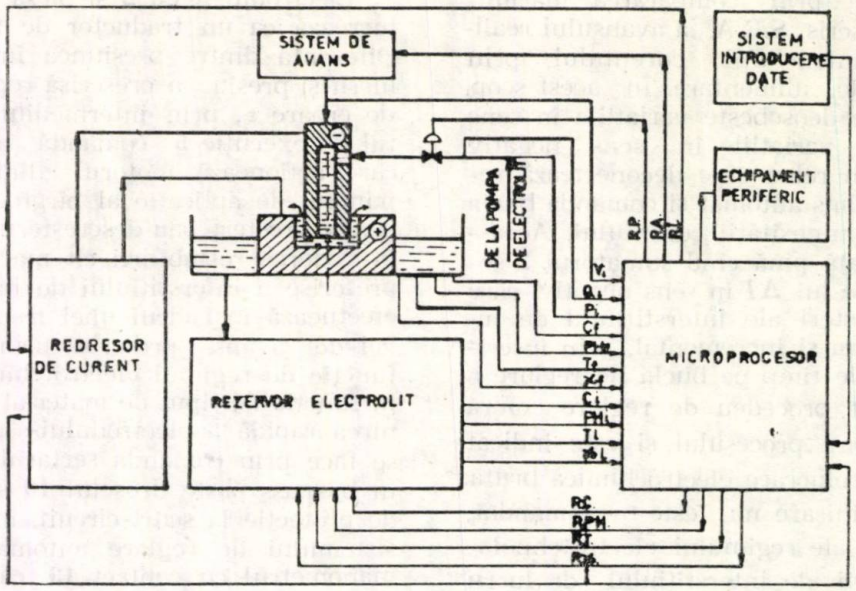


Fig. 9 Schema de automatizare complexă a avansului cu microprocesor.

N o t a ţ i i

δ_f — interstiţiul frontal;
R — rezistenţă electrică;
I — intensitatea curentului;
U — tensiunea electrică;
m_{diz} — masa de metal dizolvată;
ε — mărime de eroare;
V_i — viteza intrare;
Q_i — debit intrare;
P_i — presiune intrare;
C_i — concentraţie intrare;
T_i — temperatură intrare;
$\varkappa_i$ — conductivitate intrare;
pH_i — pH intrare;
C_f — concentraţie finală;
pH_f — pH final;
T_f — temperatură finală;
$\varkappa_f$ — conductivitate finală;
R.P. — reglare presiune;
R.A. — reglare avans;
R.I. — reglare intensitate;
R.C. — reglare concentraţie;
RPH — reglare pH;
R.T. — reglare temperatură;
R $\varkappa$ — reglare conductivitate;
S.R.A. — sistem de reglare automată;
S.R.A.A. — sistem de reglare automată a avansului.

B I B L I O G R A F I E

[1] *Gutt, Sonia, Ivaşcan, Şt., Gutt, Gh., Apostolescu, M.*: Aspecte teoretice şi practice privind particularităţile prelucrării electrochimice dimensionate cu depasivare hidrodinamică a metalelor şi aliajelor. Revista de chimie, în curs de apariţie.
[2] *Raţă, V., Gutt, Gh.*: Asupra unui criteriu de reglare automată a avansului la maşinile de prelucrat electrochimic hidrodinamic. Lucrările simpozionului „Tehnomus" Suceava, 1984, p. 191.
[3] *Gutt, Gh., Gutt, Sonia*: Stand pentru găurirea electrochimice, Lucrările simpozionului „Tehnomus", 1985, vol. II p. 53.
[4] *Raţă, V., Gutt, Gh.*: Consideraţii privind alegerea sistemului de avans la prelucrarea electrochimică. Lucrările simpozionului „Tehnomus", vol. III, 1985, p. 60.
[5] *Gutt, Gh., Gutt, Sonia:* Brevet R.S.R. nr. 89969/ 31.03.1986.
[6] *Gutt, Gh.*: Brevet R.S.R. nr. 90813/27.08.1986.
[7] *Gutt, Gh., Gutt, Sonia:* Procedeu de reglare a avansului la maşinile de găurit electrochimic, Lucrările simpozionului „Tehnomus" Suceava, 1985, p. 73.
[8] *Gutt, Gh., Diaconescu, Em.*: Brevet R.S.R. nr. 88782/2409.1.985.

CZ : 541.13

Căi de creștere a productivității la debavurarea electrochimică

Ing. Eugeniu **POPA**, ing. Gheorghe **ORĂȘANU**, ing. Emilian **BĂRBUȚĂ** — I.C.T.C.M. București

Dezvoltarea industriei, precum și diversificarea organelor de mașini au condus la apariția de repere complexe, care comportă diverse intersecții de suprafețe interioare și exterioare, cu bavuri rezultate în urma procesului de așchiere.

Fiabilitatea acestor repere a devenit o problemă de interes major pentru construcția de mașini, ceea ce a impus extinderea procedeelor moderne de debavurare.

Dintre procedeele tehnologice de îndepărtare a bavurilor, cu rezultate avantajoase, se folosește debavurarea electrochimică.

Operația de debavurare electrochimică este un procedeu de înlăturare locală a materialului (bavurile piesei), bazat pe principiul dizolvării anodice. Sub influența unui curent continuu și în prezența unei soluții electrolitice, materialul piesei de debavurat se dizolvă limitat, bavura dispare și se rotunjesc muchiile ascuțite ale pieselor. Deoarece piesa este o parte a circuitului electric (anod), procedeul se limitează la materialele conducătoare de electricitate.

Aplicarea procedeului de debavurare electrochimică, caz particular al prelucrării electrochimice, necesită un utilaj specific.

Schematic (fig. 1), o instalație pentru debavurarea danturii unei roți dințate, spre exemplu, este formată dintr-o casetă **1**, în care se află piesa de debavurat **2**, electrodul-sculă **3**, legat la polul pozitiv și respectiv negativ al sursei de curent și o soluție electrolitică **4**.

Cantitatea de metal prelevată la anod m se poate determina pe baza legii lui Faraday :

$$m = K \cdot I \cdot t \qquad (1)$$

în care :

K reprezintă echivalentul electrochimic al substanței în [g/At] ;

I — intensitatea curentului electric, în [A] ;

t — durata procesului, în secunde.

$$K = \frac{A}{F \cdot z} \qquad (2)$$

în care :

A este greutatea atomică a elementului supus dizolvării;

Z — valența elementului;

F — numărul lui Faraday.

Inlocuind relația (2) în (1) se obține :

$$m = \frac{A}{F \cdot Z} \cdot I \cdot t \qquad (3)$$

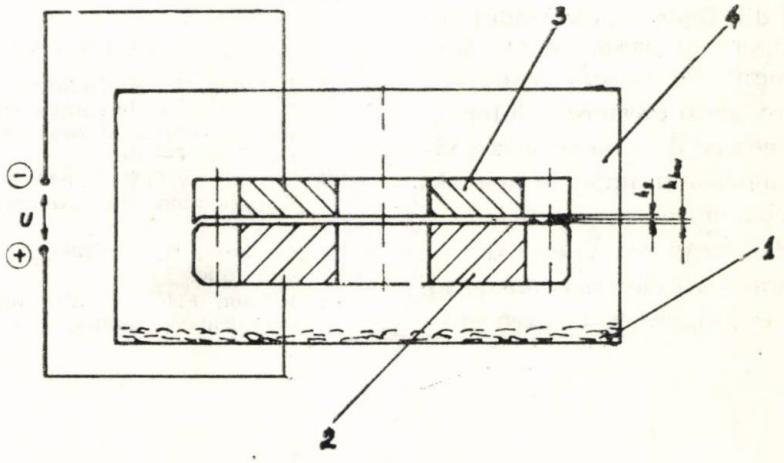


Fig. 1 Schema procedeului de debavurare electrochimică fără avans al electrodului-sculă.

Conform legii lui Ohm, care se aplică și conductorilor ionici, se poate scrie:

$$U = I \times R \qquad (4)$$

în care:

U este căderea de tensiune în electrolit;

R — rezistența electrolitului.

Din relația (4), rezultă :

$$I = \frac{U}{R}, \tag{5}$$

$$R = \frac{\rho \cdot h_0}{S} \tag{6}$$

în care :

ρ — rezistivitatea electrolitului;

h_0 — interstițiul de lucru (distanța între bavura piesei și electrodul-sculă) ;

S — suprafața de lucru (suprafața bavurii ce trebuie îndepărtată).

Înlocuind (5) și (6) în relația (3) se obține :

$$m = \frac{A}{F \cdot Z} \frac{U \cdot S}{\rho \cdot h_0} \cdot t \tag{7}$$

de unde rezultă durata procesului de lucru t :

$$t = \frac{m \cdot F \cdot Z \cdot \rho}{A \cdot U \cdot S} \cdot h_0 \tag{8}$$

Pentru o piesă dată F, Z, ρ, A, U, S sînt constante. De asemenea, masa bavurii se consideră constantă, variațiile ei de la o piesă la alta fiind neglijabile.

Deci putem scrie : $\frac{m \cdot F \cdot Z \cdot \rho}{A \cdot U \cdot S} = C$ (9)

Atunci relația (8) devine:

$$t = C \times h_0 \tag{10}$$

În cazul schemei din figura 1, electrodul are o poziție fixă în raport cu piesa, pe tot parcursul ciclului de lucru. Pe măsură ce bavura piesei se dizolvă, are loc o creștere a interstițiului de lucru h_0, ceea ce duce la scăderea vitezei de dizolvare anodică și implicit la creșterea timpului de debavurare.

Pentru a împiedica scăderea vitezei de dizolvare (păstrînd parametrii electrici constanți), se propune schema din figura 2, în care electrodul are o mișcare de avans. Avansul electrodului-sculă către piesă se face pe măsură ce bavura piesei se dizolvă, astfel încît interstițiul de lucru să rămînă constant, durata ciclului de lucru fiind astfel mai mică decît în cazul precedent.

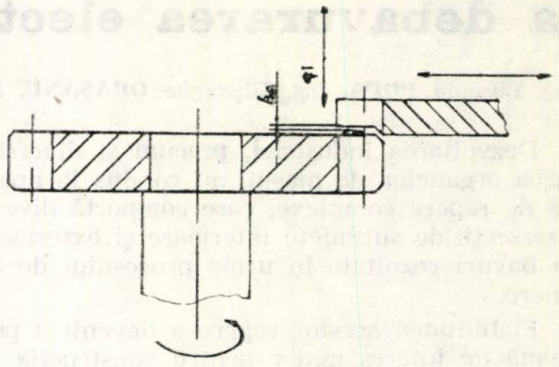


Fig. 2 Schema procedeului de debavurare electrochimică cu avans al electrodului-sculă.

Concluzii

Procedeul prezentat în figura 2 este mai productiv decît cel din figura 1, dar se poate aplica numai în cazul pieselor de revoluție.

Pe lîngă creșterea productivității, procedeul prezentat în figura 2 are și alte avantaje și anume: reducerea consumului energetic (prin diminuarea suprafeței de lucru), reducerea consumului de materiale (prin simplificarea dispozitivului de prindere a piesei și posibilitatea debavurării pe acest dispozitiv a mai multor piese), creșterea calității suprafeței debavurate (prin îmbunătățirea circulației electrolitului).

BIBLIOGRAFIE

[1] *Linden, P.* : Mecanique, materiaux, electricité nr. 309 — L'ebavurage et l'usinage électrochimiques appliqués à des prductions en grandes series (pag. 7—10).

[2] x x x : CETIM Informations nr. 56— Modalités d'application du defancage électrochimique, pag. 63.

[3] *De Barr, A.E., Oliver, D.A.* : L'usinage électrochimique.

[4] *Wilson, F.J.* : Practice and Theory of Electrochemical Machining.

CZ : 621.791 : 621.373.8

Posibilități de utilizare și programare ale echipamentelor NUMEROM 470 adaptate pentru mașini de prelucrare prin tăiere cu laser

Ing. Viorel MOROIANU, ing. Horea CULCĂ — I.P.A. București

Echipamentele de comandă numerică din seria NUMEROM 470, concepute la I.P.A. și introduse în fabricație la F.E.A. București, fac parte din generația de comenzi numerice cu minicalculator inclus.

Deși au fost proiectate inițial pentru comanda mașinilor-unelte așchietoare, aceste echipamente pot fi utilzate în domeniul prelucrărilor neconvenționale, prin implementarea software a funcțiilor specifice.

Cuplarea cu mașina se face prin intermediul unei interfețe standard VDI 3422/ISO 4336. Aceasta permite implementarea părții convenționale a mașinii cu un automat programabil, care poate prelua controlul secvențelor de pornire, supravegheri, comanda unor manipulatoare etc., ducînd la ridicarea gradului de automatizare.

Echipamentul NUMEROM 470 poate comanda pînă la 4 axe, într-un domeniu de +/—99 m, cu rezoluția de 1 μm, realizînd interpolare liniară, circulară și elicoidală. Sistemnl de măsură este de tip analogic, ciclic absolut, pentru traductoare inductive, cu imunitate ridicată la perturbații.

Permite deplasări cu viteze pînă la 15 m/min., reprogramable de la panoul echipamentului în domeniul 0-120 % pentru avansuri de prelucrare, respectiv 1-100 % pentru viteza de poziționare.

Echipamentul asigură corecția pasului șuruburilor de acționare a axelor, în 99 de puncte distribuite pe axe, preluarea jocurilor mecanice la inversarea sensului de deplasare, supravegherea limitelor de cursă ale mașinii, atît hardware cît și software și compensarea manuală sau automată a offsetului buclelor de poziție.

NUMEROM 470 dispune de o memorie RAM CMOS, alimentată de la acumulatori la căderea rețelei, în care pot fi introduse pînă la 10 programe de piesă și 90 subprograme însumînd un număr de maximum 20000 caractere. Sînt memorate, de asemenea, datele de mașină, corecțiile de sculă și deplasările de origine. Introducerea acestor informații se poate face prin intermediul cititorului de bandă perforată, sau al tastaturii echipamentului.

Programele și subprogramele aflate în memorie pot fi apelate și corectate ; de asemenea, pot fi transpuse pe bandă perforată, prin cuplarea unui perforator extern la echipament.

Execuția programelor se poate face în regim automat, sau frază cu frază, la dorința operatorului, prin poziționarea corespunzătoare a unui comutator basculant. Reluarea execuției se poate face de la orice frază cu deplasare, utilizînd regimul de căutare, echipamentul poziționînd automat mașina la începutul frazei care urmează, cu preluarea corecțiilor de traiectorie și a schimbărilor de origine, active în fraza căutată.

Traiectoria programată este corectată în funcție de fasciculul laser prin racordare lină la intersecții.

Echipamentul permite prelucrarea în oglindă pe axele X, Y, verificarea programului în regim DRY RUN (desenare), utilizarea sau demultiplicarea conturului programat.

Prin intermediul display-ului cu tub catodic, operatorul poate vizualiza următoarele pagini de afișare : fraza în lucru, fraza următoare, funcții acumulate, deplasări de origine în lucru, corecții de sculă în lucru, rest de drum, poziție față de originea mașinii deplasată și poziție față de originea piesei deplasată, eroare de poziție, poziția măsurată și calculată față de originea mașinii, mesaje, parametri subprograme, programe în memorie, subprograme în memorie, stare intrări-ieșiri, valoarea multiplicării-demultiplicării.

Echipamentul este dotat cu un sistem de diagnoză, alcătuit din programe de verificare a periferiei și memoriei, programe de depanare, program de tratare a erorilor de la procesor și toate permit o depanare rapidă și comodă.

Dispunînd de aceste principale funcțiuni enumerate, echipamentele NUMEROM 470, adaptate pentru prelucrări prin tăiere cu laser, vor asigura o eficiență ridicată în utilizare, prin gradul de manevrabilitate și posibilitățile de programare superioare echipamentelor utilizate pînă acum în acest domeniu.

In figura 1 sînt prezentate elementele principale ale echipamentului și legăturile cu celelalte părți ale mașinii, iar în figura 2 este prezentată schema de funcționare a programelor de bază implementate în unitatea centrală (UC).

Unitatea centrală (UC) este formată din : procesorul minicalculatorului CORAL 4001, memorie CMOS și memorie EPROM. Legătura cu celelalte elemente ale echipamentului este realizată prin intermediul unei interfețe speci-

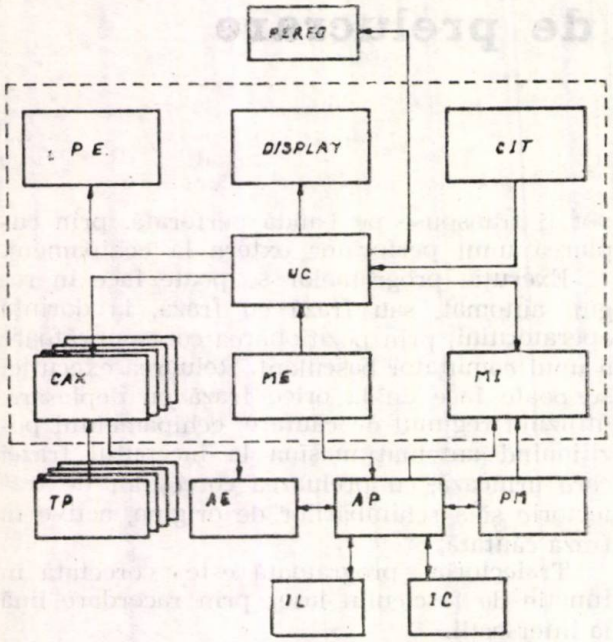


Fig. 1 Elementele componente ale echipamentului NUMEROM 470. Cuplarea cu mașina.
PERFO — perforator de bandă ; PE — panoul echipamentului ; CIT — cititor de bandă perforată ; CAX — modul comandă axă ; ME — modul ieșire ; MI — modul intrare ; TP — traductor de poziție ; AE — acționare electrică ; AP — automat programabil ; PM — panou mașină ; IC — instalație convențională ; IL — instalație laser.

fice echipamentului (pentru axe, display, panou, intrări și ieșiri) și al unei interfețe generale pentru cititor și perforator.

Panoul echipamentului (PE) conține tastele necesare editării programelor de prelucrare, elemente pentru alegerea regimurilor și subregimurilor de lucru, comutatoare de reprogramare a avansului de lucru și vitezei de poziționare.

Un program asigură reactualizarea permanentă a memoriei care reprezintă starea panoului.

Programele, subprogramele, corecțiile, deplasările de origine și datele de mașină pot fi introduse în memoria calculatorului, fie de la panou, fie de pe banda perforator, cu ajutorul cititorului (CIT). Programele de introducere a datelor verifică, din punct de vedere sintactic, corectitudinea datelor, semnalînd prin intermediul display-ului erorile. Operatorul poate corecta de la panou erorile semnalate.

Un program sau subprogram existent în memorie poate fi perforat pe bandă utilizînd un perforator (PERFO) exterior echipamentului.

După selectarea și lansarea programului pe baza datelor introduse în memorie, în regimul de lucru automat sînt pregătite mărimile necesare interpolării și funcțiile auxiliare ce urmează a fi transmise automatului programabil, în fraza imediat următoare celei în execuție. Astfel, în timp ce o frază se execută, este pregătită o alta, pentru ca la terminarea frazei în curs să poată fi executată și următoarea asigurîndu-se continuitatea în prelucrare.

Modulele de intrare (MI) și ieșire (ME) asigură legătura echipamentului cu automatul programabil (AP) și panoul mașină. Semnalele de intrare și ieșire sînt standard. Funcțiile auxi-

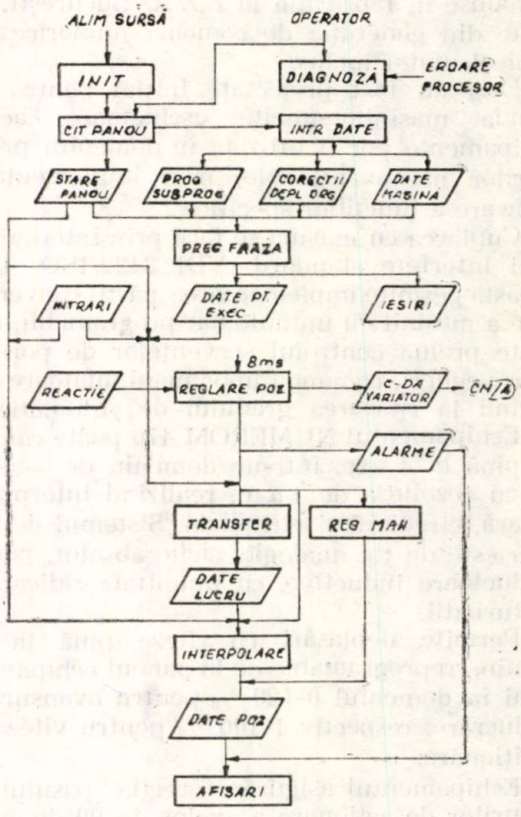


Fig. 2 Schema funcțională a programelor înscrise în memoria EPROM.

liare transmise prin intermediul ieșirilor către automatul programabil vor asigura execuția manevrelor necesare în convențional (IC) și instalația laser (IL), pentru pregătirea și suspendarea prelucrării.

La intervale de timp de 8 ms, este lansat programul de reglare a poziției (proporțional), care primește informații de la modulele de comandă a axelor (CAX) referitor la poziția măsurată (reacția). Privind la bază comanda elaborată de programele de interpolare și constantele mașinii se furnizează referința pentru variator (AE) utilizînd un convertor numeric ana-

logic. Programul supraveghează atingerea poziției comandate, menținerea axei în poziție, compensează automat offsetul buclei de poziție etc., trecînd echipamentul în stare de avarie atunci cînd funcționarea nu este normală.

După cum s-a menționat, comanda ce urmează a fi executată în perioada imediat următoare pe fiecare axă este furnizată cu aceeași frecvență (1/8ms) de programele de interpolare. La terminarea execuției unei fraze, în memoria de lucru a interpolatorului se transferă informațiile pregătite dinainte pentru interpolare. În funcție de viteza de avans comandată și de tipul interpolării, sînt calculate comenzile de poziție pe axe.

Echipamentul poate executa și fraze introduse manual la panoul echipamentului, precum și comenzi manuale pe cîte o axă.

Pe baza comenzilor de deplasare și a valorilor măsurate, se actualizează datele de poziție pentru afișare.

În cazul în care în funcționare apar erori de la procesor, echipamentul vizualizează zona din program care se execută și conținutul registrelor, depistîndu-se eficace cauza. Operatorul poate lansa și programele de depanare sau de verificare a memoriei și periferiei, prin acțiuni la panoul echipamentului.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x : I.P.A. — Manual de programare NUMEROM 470, București, 1986.

[2] x x x : I.P.A. — Manual de operare NUMEROM 470. București, 1986.

[3] x x x : I.P.A. — Manual de utilizare NUMEROM 470, București, 1987.

CZ : 621.7.043.4

Cercetări teoretice privind deformarea semifabricatelor tubulare cu pereți subțiri cu impulsuri electrohidraulice

Ing. Bogdan **MERFEA** — Universitatea din Brașov

Progresul tehnic reclamă, continuu, micșorarea cheltuielilor de producție, prin utilizarea tehnologiilor neconvenționale în ramura construcțiilor de mașini. Printre aceste tehnologii, prelucrarea cu impulsuri electrohidraulice se impune tot mai mult în industria aeronautică, în fabricația de automobile, precum și în realizarea unor repere de înaltă complexitate din programele nucleare.

Aplicarea procedeului de prelucrare cu impulsuri electrohidraulice, la obținerea unor piese tubulare de formă complexă, constituie un domeniu de tot mai larg interes pentru cercetătorii și specialiștii din industria constructoare de mașini din țara noastră, chiar dacă procedeul se află în faza incipientă a implementării lui în producția curentă. De aceea, prezintă interes, atît din punct de vedere teoretic cît și practic, studiul lărgirii semifabricatelor tubulare cu pereți subțiri, cu ajutorul undelor de șoc ce apar la descărcarea energiei înmagazinate într-o baterie de condensatoare, între doi electrozi, cufundați într-un mediu lichid.

În figura 1, este prezentată schema de principiu a unei instalații de prelucrare cu impulsuri electrohidraulice [1], care conține două circuite : circuitul de încărcare și circuitul de descărcare. Circuitul de încărcare se compune din sursa de curent S_c, autotransformatorul **AT**, transformatorul **T** și grupul redresor **Rd**. Curentul de încărcare este limitat de rezistența **R**. Circuitul de descărcare conține eclatorul **Ec** și electrozii E_1 și E_2, plasați în apropierea semifabricatului **S**, cufundați într-un lichid, de cele mai multe ori apă industrială. La punerea în funcțiune a instalației, circuitul de încărcare încarcă bateria de condensatoare **C** de capacitate 50 ... 1500 μF, la un potențial ridicat de ordinul a $5.10^3 \ldots 4.10^3$ V, [4, 8]. Controlul nivelului tensiunii de încărcare se face cu dispozitivul special **CT**. Cu ajutorul blocului de comandă a amorsării **CA**, are loc străpungerea dispozitivului de conectare E_c și energia acumulată în bateria de condensatoare este descărcată între cei doi electrozi E_1 și E_2. În urma acestei descărcări, unda de șoc care ia naștere se transmite prin mediul lichid la semifabricat, pe care îl obligă să ia forma matriței în care este poziționat.

Analiza procesului de deformare plastică a semifabricatelor tubulare cu pereți subțiri, sub acțiunea undelor de șoc, presupune luarea în considerare a forțelor de inerție care acționează asupra semifabricatului, a fenomenelor de difracție și de cavitație. Relațiile hidrodinamice legate de propagarea undei de șoc [2], după descărcare sînt : legea conservării masei, legea

conservării momentului și legea conservării energiei. Ele sînt exprimate de relațiile (1), (2) și (3) și obținute în ipoteza de calcul Rankine-Hugoniot, aceea că grosimea frontului de undă este neglijabilă (fig. 2).

$$\rho \cdot (U - u) = \rho_0 U \tag{1}$$

$$P_{(\tau)} - P_0 = \rho_0 \cdot U \cdot u \tag{2}$$

$$E - E_0 = \frac{1}{2} \cdot \left(P_{(\tau)} + P_0 \right) \cdot \left(\frac{1}{\rho_0} - \frac{1}{\rho} \right) \tag{3}$$

Pe de altă parte :

$$u = \frac{P_{(\tau)} - P_0}{\rho_0 \cdot c_0} + \frac{1}{\rho_0 \cdot r_0} \cdot \int_0^{\tau_1} (P_{(\tau)} - P_0) d\tau \tag{5}$$

unde :

— c_0 este viteza sunetului;

— r_0 este vectorul de poziție al frontului undelor de șoc;

— τ_1 este timpul echivalent al impulsului undei de presiune.

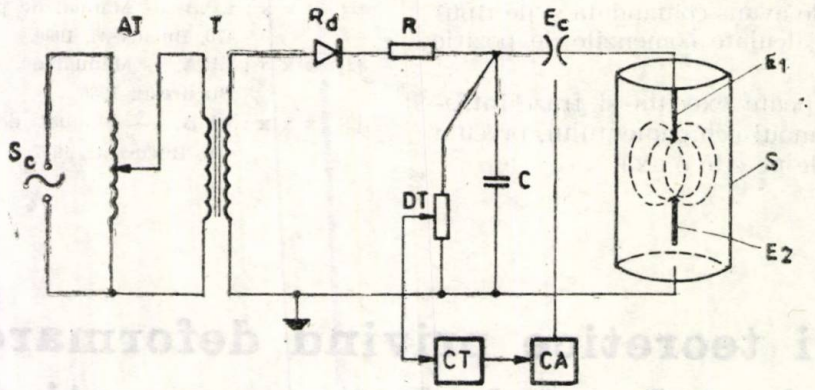


Fig. 1 Schema de principiu a instalației de prelucrare cu impulsuri electrohidraulice.

Legendă :
AT — autotransformator ; T — transformator ; R_d — redresor ; R — rezistența de limitare ; C — bateria de condensatoare ; DT — divizor de tensiune ; E_c — dispozitiv de conectare ; CT — controlul nivelului tensiunii ; CA — comanda amorsării ; E și E_2 — electrozi ; S — semifabricat.

unde :

— ρ_0 și ρ sînt densitățile mediului de lucru în fața și în spatele frontului undelor de șoc;

— P_0 și $P_{(\tau)}$ sînt presiunile în fața și în spatele frontului undelor de șoc;

— u_0 și u sînt vitezele particulei de fluid în fața și în spatele frontului undelor de șoc;

— U este viteza frontului undelor de șoc;

— E și E_0 sînt energiile unității de masă în fața și în spatele frontului undelor de șoc.

$$\frac{U - u}{P_{(\tau)} \cdot \rho} \left| \frac{U - u_0}{P_0 \cdot \rho_0} \right.$$

Fig. 2 Condițiile la limita frontului de undă.

Din relațiile (1), (2) și (3), rezultă viteza particulei de fluid u :

$$u = \frac{P_{(\tau)} - P_0}{\rho_0 \, U} \tag{4}$$

Dacă ținem cont că :

$$P_{(\tau)} = P_m \cdot e^{-\tau/\theta} \tag{6}$$

unde :

— P_m este presiunea maximă;

— θ este timpul caracteristic, care determină intensitatea căderii presiunii într-un punct al lichidului,

atunci în ipoteza că deformația finală depinde numai de valoarea maximă a presiunii [3, 5, 6, 7] găsim :

$$\int_0^{\tau_1} [P_{(\tau)} - P_0] d\tau = \frac{P_m \cdot \tau_1}{2} \tag{7}$$

Se consideră că lărgirea semifabricatului tubular cu pereți subțiri (fig. 3) se face sub acțiunea unei presiuni normale uniform distribuite. Dimensiunile inițiale, respectiv finale ale țevii sînt :

— l_0 și l lungimea inițială respectiv finală;

— r_0 și r raza inițială respectiv finală ;

— t_0 și t grosimea peretului inițială respectiv finală.

În ipoteza că forțele inerțiale axiale sînt neglijabile, că deformația axială este egală cu

variația grosimii peretului și că materialul este izotrop, de densitate ρ_1, atunci ecuația de mișcare pentru un element de volum al semifabricatului de masă este :

$$P_{(\tau)} \cdot l \cdot r d\varphi - 2\sigma_t \cdot l_0 \cdot t_0 \cdot \sin \frac{d\varphi}{2} = m \frac{d^2 r}{d\tau^2} \quad (8)$$

Cu aproximația că $\sin \frac{d\varphi}{2} \approx \frac{d\varphi}{2}$, atunci (8) devine :

$$P_{(\tau)} \cdot l \cdot r d\varphi - \sigma_t \cdot l_0 \cdot t_0 d\varphi = m \frac{d^2 r}{d\tau^2} \quad (8')$$

Viteza și accelerația de materiale sînt :

$$v = r_0 \frac{d\varepsilon}{d\tau} \quad (9)$$

$$\frac{d^2 r}{d\tau^2} = \frac{v}{r_0} \cdot \frac{dv}{d\varepsilon} \quad (10)$$

Pentru efortul unitar tangențial σ_t, considerăm :

$$\sigma_t = \sigma_0 + E' \varepsilon \quad (11)$$

unde :

σ_0 este limita de curgere dinamică a materialului;

E' este modulul de elasticitate dinamic;

ε este gradul relativ de deformare dat de:

$$\varepsilon = \frac{r - r_0}{r_0} \quad (12)$$

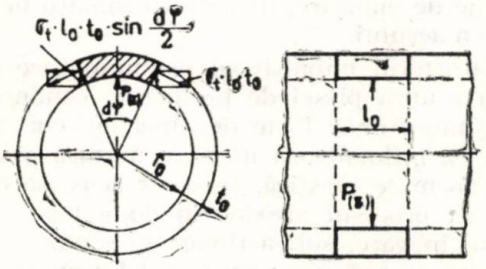


Fig. 3 Schema de calcul pentru deformarea semifabricatelor tubulare cu pereți subțiri.

După transformări ecuația (10) devine :

$$v \cdot \frac{dv}{d\varepsilon} + a^2 \cdot \varepsilon - b \cdot \sqrt{1+\varepsilon} + c^2 = 0 \quad (13)$$

unde :

$$a^2 = \frac{E'}{\rho_1}; \quad b = \frac{P_{(\tau)}}{\rho_1} \cdot \frac{r_0}{t_0}; \quad c^2 = \frac{\sigma_0}{\rho_1} \quad (14)$$

Dacă se consideră b constant, atunci ecuația (13) se poate integra între limitele V_0 și V respectiv între ε_0 și ε, determinînd astfel variațiile în timp ale gradului relativ de deformare.

Folosind și relația (15), care dă o bună aproximare, din formula de dezvoltare a seriei binominale :

$$(1+\varepsilon)^{1,5} \approx 1 + \frac{3}{2} \cdot \varepsilon + \frac{3}{8} \cdot \varepsilon^2 \quad (15)$$

atunci se obține:

$$v^2 = A + V_0^2 - B \cdot \varepsilon - C \cdot \varepsilon^2 \quad (16)$$

unde :

$$A = \frac{4}{3} b[1 - (1+\varepsilon_0)^{1,5}] + 2c^2 \cdot \varepsilon_0 + a^2 \cdot \varepsilon_0^2$$

$$B = 2(c^2 - b); \quad C = a^2 - \frac{b}{2} \quad (17)$$

Procesul de lărgire a țevii constă din două faze : faza de accelerare și faza de frînare. Faza de accelerare începe la momentul $\tau_0 = 0$ cu o viteză și deformație radială, zero. Faza de accelerare se încheie la timpul $\tau = \tau_1$, cînd începe faza de frînare și viteza are valoarea V_1 și gradul de deformare relativ are valoarea ε_1. Procesul de deformare se încheie la timpul $\tau = \tau_f$ cu un grad de deformare relativ ε_f și viteza nulă.

În cazul fazei de accelerare, în funcție de raportul dintre impulsul de presiune maxim și parametrii piesei, sînt posibile trei cazuri :

$$- \; C > 0 \Leftrightarrow P_m < 2E' \frac{t_0}{r_0}$$

$$- \; C = 0 \Leftrightarrow P_m = 2E' \frac{t_0}{r_0} \quad (18)$$

$$- \; C < 0 \Leftrightarrow P_m > 2E' \frac{t_0}{r_0}$$

Pentru faza de frînare, sînt posibile numai primele două cazuri din cele de mai sus.

Dacă între relațiile (4), (5) și (16) se elimină u și $P_{(\tau)}$ și considerînd $V_0 = 0$ și $\varepsilon_0 = 0$, rezultă:

$$\frac{V^2 + \left(\frac{\sigma_0}{\rho_1} + c^2_{(\varepsilon)}\right) \cdot \varepsilon}{2 \cdot \varepsilon + \varepsilon^2/2} = \frac{U}{(1-M) \cdot \rho_0 \cdot r_0} \cdot \frac{P_m \cdot \tau_1}{2} + \frac{P_0}{\rho_0 \cdot r_0} \quad (19)$$

unde :

$c_{(\varepsilon)}$ este viteza de propagare a undelor plastice în material;

M este numărul lui Mach.

Relația (19) dă explicit dependența valorii uneia din vitezele de deformare a materialului,

a frontului undei de șoc și a vitezei de propagare a undelor plastice în materiale, de celelalte două și de gradul relativ de deformare. Ecuația are soluțiile numai pentru cazul $M<1$, adică în condițiile aplicabilității legilor acusticii.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Bircă, C., Șerbănescu, M.* : Formarea rapidă în cîmp magnetic. În: Lucrările I.C.P.E., nr. 26, 1971.

[2] *Cole, R.H.* : Underwater explosions. Princeton, New Jersey, 1948.

[3] *Drimer, D., Merfea, B.* : Asupra deformării semifabricatelor tubulare cu pereți subțiri prin explozie electrohidraulică. In : Buletinul științific al Institutului Politehnic București Mecanică, 1986.

[4] *Giacin, N.V.* : Electrohidrauliceska obrabotka mașinostroitelih materialov. Nauka i tehnica, Minsk, 1978.

[5] *Merfea, B., Szanto, B.*: Cercetări teoretice și experimentale privind deformarea electrohidraulică a semifabricatelor plane. În : Buletinul sesiunii „Conferința a V-a de procese și utilaje de prelucrare la rece", Timișoara, 1986.

[6] *Merfea, B.* : Cercetări experimentale privind influența mediului de lucru și a distanței dintre electrozi, la deformarea electrohidraulică a semifabricatelor tubulare. În : Buletinul sesiunii „Tehnomus 86", Suceava, 1986.

[7] *Merfea, B.* : Asupra unei relații matematice privind propagarea undelor de șoc, la deformarea electrohidraulică a semifabricatelor tubulare cu pereți subțiri. În : Buletinul sesiunii „Progresele cercetării științifice românești în domeniul mașinilor-unelte", București, 1986.

[8] *Winkler, R. ș.a.* :. Hochgeschwindigkeitsbearbeitung, Verlag Technik, Berlin, 1973.

CZ : 621.7.043.2

Aspecte privind obținerea semifabricatelor tubulare prin explozie cu explozivi brizanți

Conf. dr. ing. Ion **POPESCU**, șef lucr. ing. Ionel **MARTINESCU**, șef lucr. ing. Dorel **COSMA**, asist. ing. Bogdan **MERFEA**, ing. Samoilă **GHIZDAVU** — Universitatea din Brașov

Ing. Teodor **ȘUTEU**, ing. Mircea **CHIRILĂ**, ing. Constantin **POPA** — Combinatul Chimic Făgăraș

Dezvoltarea industriei constructoare de mașini din țara noastră impune elaborarea de noi tehnologii de prelucrare a metalelor, care să conducă la o utilizare mai eficientă a resurselor de materiale și de energie, la realizarea unor produse de foarte bună calitate, în condiții tehnico-economice optime. În această direcție, procedeul de prelucrare prin explozie cu explozivi brizanți oferă largi posibilități și este utilizat cu precădere la evazarea, strîngerea și perforarea pieselor tubulare, ambutisarea tablelor, presarea pulberilor, durificarea superficială și placare [2, 3, 4].

Principala caracterisetică a procedeului de prelucrare prin explozie cu explozivi brizanți o constituie acțiunea undei de șoc, cu viteze cuprinse între 7000 ... 8500 [m/s], produsă prin detonarea încărcăturii, în urma căreia se dezvoltă presiuni de circa 10^7 [N/m^2] [3, 4]. Tipul explozivului brizant și mediul de transmitere a energiei exploziei sînt elemente hotărîtoare asupra mărmii presiunii dezvoltate și propagării undelor de șoc. Explozivii brizanți în stare solidă sau plastică, utilizați pe scară largă, se caracterizează prin viteze foarte mari de detonație (1500 ... 8500 [m/s]) și presiuni de circa $10^9 \ldots 26.10^9$ [N/m^2]. Cele mai des utilizate substanțe explozive sînt hexogenul, trotilul, nitromonitul, pentalita și hexolita. Ca medii de transmitere a energei exploziei se utilizează nisipul, apa și aerul. Deși prezintă un randament mai scăzut de transmitere a energiei, în comparație cu apa și nisipul, utilizarea aerului nu necesită bazine sau recipiente de lucru, sisteme de etanșare, respectiv instalații de evacuare a aerului.

Caracterul impulsiv al presiunii care acționează asupra piesei de prelucrat conduce la dezvoltarea unor forțe de inerție cu valori mari, ce influențează în mare măsură procesul de deformare plastică. În acest sens, se consideră că procesul are loc în două faze : faza activă, în care, sub acțiunea presiunii creată de unda de șoc, piesa care se deformează are o accelerație pozitivă, datorită căreia acumulează o importantă cantitate de energie cinetică, și faza pasivă, care se caracterizează prin deformarea în continuare a piesei pe seama energiei acumulate [1, 3].

În continuare este prezentat, comparativ, modul de obținere a semifabricatelor necesare realizării unui pinion tubular din componența autovehculelor rutiere.

În mod obișnuit, semifabricatul se obține prin matrițare deschisă (fig. 1, a), la cald, după care el este supus unui ciclu de 19 operații, pînă la obținerea piesei finale.

Conform noii tehnologii, se utilizează un semifabricat primar sub formă tubulară, care este supus deformării în matriță, prin explozie

cu explozivi brizanți. În continuare, semifabricatul tubular este supus unui ciclu de numai 13 operații, pînă la obținerea piesei finale.

Deformarea prin explozie cu explozivi brizanți se poate realiza în două variante : prin lărgire și prin restrîngere.

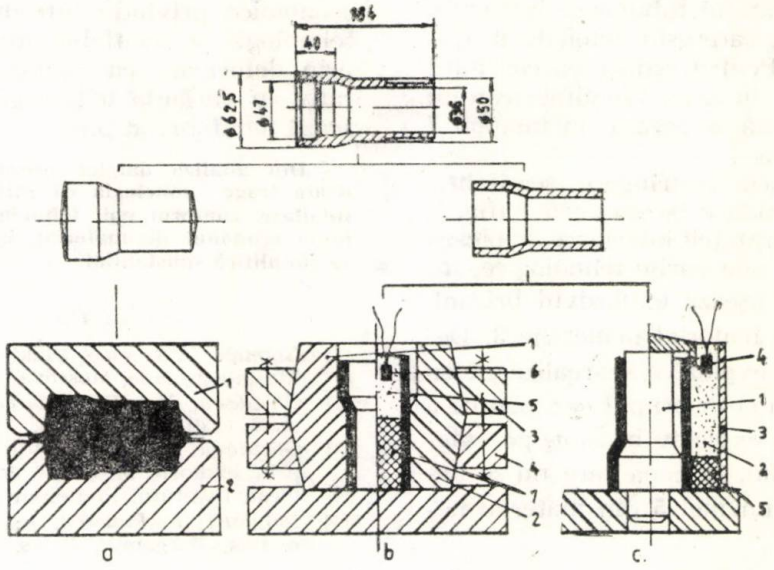


Fig. 1 Schema comparativă de obținere a semifabricatului.

a) Obținerea semifabricatului la cald, în matriță deschisă ;
b) Obținerea semifabricatului tubular prin lărgire folosind procedeul deformării prin explozie ;
c) Obținerea semifabricatului tubular prin restrîngere folosind procedeul deformării prin explozie.

Compararea tehnologiei clasice de obținere a semifabricatului matrițat cu tehnologia de realizare prin deformare cu explozivi brizanți

Tabelul 1

Nr. crt.	Criteriul		Tehnologie veche	Tehnologie nouă	Economii
1	Obținerii semifabricatului	Procedeul	Matrițare	Explozie	—
		Masa material [Kg]	4,917	1,905	3,015
		Cost material [lei]	286,17	110,87	175,30
		Nr. operatori	3	2	1
		Cost prelucrare [lei]	0,172	0,150	0,022
		Timp unitar [min]	7,09	1,50	5,59
2	Procesului tehnologic	Nr. operații	22	17	5
		Nr. utilaje	15	10	5
		Nr. operatori	21	15	6
		Costul prelevării [lei]	299,35	121,25	178,1
		Timp unitar [min]	41,05	26,65	14,4

În ceea ce privește prima variantă, semifabricatul sub formă tubulară se introduce în matrița compusă din două părți, **1** și **2** (fig. 1, b), reținute cu ajutorul a două inele **3** și **4**. În interiorul semifabricatului tubular se introduce explozivul brizant **5**, care este detonat cu ajutorul unei capse **6**. Pentru reducerea cantității de exploziv brizant, în zona semifabricatului care nu se deformează se așează un tampon **7** din material nemetalic.

La deformarea prin restrîngere, semifabricatul tubular se introduce pe un dorn **1** (fig. 1, c), avînd forma suprafeței interioare a piesei, ținîndu-se seama de adaosurile tehnologice, iar în exteriorul său se așează explozivul brizant, **2**, într-o incintă din material nemetalic **3**. Detonarea încărcăturii explozive se realizează cu ajutorul capsei **4**. Ca și în primul caz, pentru a reduce cantitatea de exploziv brizant, pe exteriorul semifabricatului, în zona care nu se deformează, se așează un inel **5** din material nemetalic.

Deși se deformează mai greu, semifabricatul obținut prin restrîngere este mai bun din punct de vedere calitativ.

În tabelul 1 sînt prezentate cîteva aspecte economice privind introducerea în procesul tehnologic a semifabricatului tubular obținut prin deformare cu explozivi brizanți, comparativ cu varianta tehnologică veche care utilizează semifabricat plin.

Din analiza datelor prezentate în tabelul 1, se poate trage concluzia că utilizarea semifabricatelor tubulare, conform noii tehnologii, conduce la importante economii de material, iar procesul tehnologic se simplifică substanțial.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Gelman, A.S. ș.a.*: Plakirovanie stali vzrîvom. Mașinostroienie, Moscova, 1978.

[2] *Ghizdavu, V.*: Prelucrarea cu puteri și viteze mari. Editura tehnică, București, 1967.

[3] *Ghizdavu, V.*: Contribuții la studiul ambutisării prin explozii în medii granulare. Teză de doctorat, Institutul Politehnic București, 1982.

[4] *Reinhart, I., Popescu, I.*: Explosive working of metals. Pergamon Press, Oxford, 1963.

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ
pentru
INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

difuzează în anul 1988

materiale de informare despre realizări din țară și din străinătate privind preocupările actuale în domeniul construcțiilor de mașini, de ex.: programul energetic, valorificarea surselor proprii de materii prime, calitatea produselor, economisirea materiilor prime și reciclarea deșeurilor, productivitatea muncii etc.

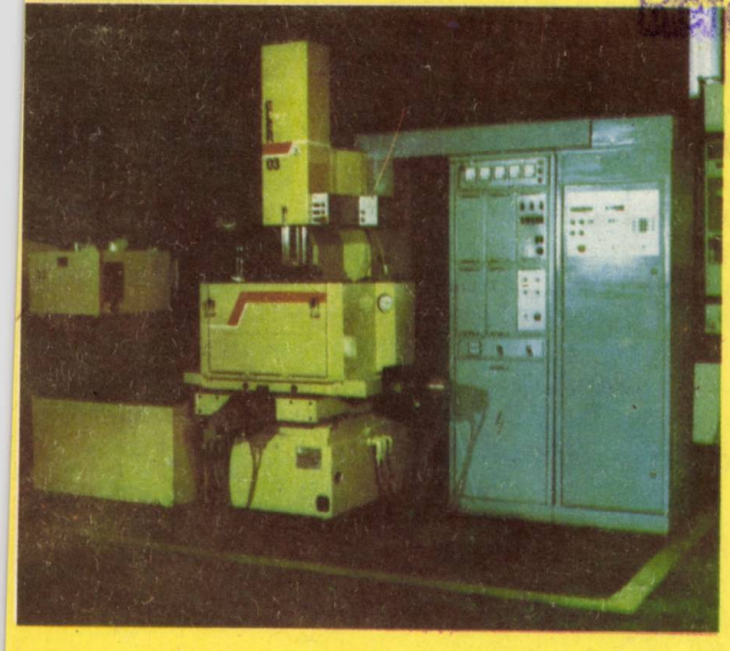
Materialele sînt grupate în serii:

Simbolul	Denumirea seriei
	REALIZĂRI ALE CERCETĂRII ROMÂNEȘTI
RCM	Revista „Construcția de mașini"
ID	INFORMARE DOCUMENTARĂ asupra nivelului progresului tehnic pe plan mondial în industria construcțiilor de mașini
	Informări pentru cadre de conducere:
IDCM	Informare documentară în construcția de mașini
IDCM-C	Informare documentară în construcția de mașini — conjunctură
IDCM-E	Informare documentară în construcția de mașini-energie
IDCM-O	Informare documentară în construcția de mașini-organizare
IDCM-PM	Informare documentară pentru protecția muncii
	Informări pentru specialiști:
IDT	Informare documentară în turnătorii
IDTT	Informare documentară pentru tratamente termice
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări prin deformare plastică
IDS	Informare documentară pentru sudori
IDPR	Informare documentară pentru prelucrări la rece
IDCC	Informare documentară pentru calitate și control
IDMK	Informare documentară pentru prognoză și marketing
IDAR	Informare documentară pentru automatizare, robotizare
IDRC	Informare documentară privind reducerea consumurilor de materiale și energie

Simbolul	Denumirea seriei
	SINTEZE DOCUMENTARE privind **nivelul tehnic pe plan mondial** în industria construcțiilor de mașini
SID	Noutăți în diverse domenii
	REALIZĂRI ALE UNITĂȚILOR MICM
CO, CTN, CMA, CA, PTN, SE, CSSM, RSM, CES, CTO, CT	**Cataloage de fișe tehnice** de produse, tehnologii și mecanizări, automatizări autoutilări, SDV-uri Realizări deosebite, omologări standarde etc. Realizări în sudare Echipamente de sudare Produse tipizate, descrieri de tehnologii
	DOCUMENTE NORMATIVE
BI	**Buletinul intern MICM**
NT	Normative tehnice
LPCM, R	Liste de prețuri în construcția de mașini, reduse
ITC	Indicatoare tarifare de calificare
NPM	Normative și ghid de protecția muncii în construcția de mașini
	MATERIALE DOCUMENTARE **în ajutorul proiectării și al producției**
	CERCETĂRI COMPLEXE DE INFORMARE ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ
CCIST-R și P	Cercetări retrospective și continui
SIDCM-A și B	Sistemul de informare documentară automatizat, pentru articole de revistă și brevete

32279
GSE

R 1988 SEP 23



- **PRELUCRĂRI PRIN AȘCHIERE**
- **PROIECTARE ASISTATĂ DE CALCULATOR**
- **Recenzii**

CONSTRUCTIA DE MASINI

BUCUREȘTI ■ XXXX ■ IUNIE ■ 1988

6

Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Industria Construcţiilor de Maşini, înfiinţat încă din anul 1965, are o bogată experienţă în cercetare şi proiectare tehnologică specifică pentru construcţiile de maşini. În cadrul Institutului se desfăşoară trei tipuri de activităţi:

1. Cercetarea de procese tehnologice (metode de fabricaţie) noi în cadrul laboratoarelor special amenajate pentru experimentarea şi optimizarea procedeelor, regimurilor sau reţetelor tehnologice precum şi cercetarea în vederea asimilării în fabricaţia de serie a unor echipamente şi produse noi în domeniile: prelucrări prin aşchiere, ştanţare, ambutisare şi prin tehnologii neconvenţionale, manipulare automată montaj mecanizat şi automatizat, acoperiri de protecţie şi decorative, control activ, interoperaţional şi final.

2. Elaborarea de tehnologii integrate şi siste complexe de fabricaţie pentru prelucrarea unor pi sau grupe de piese sau produse, cu adoptarea ce mai eficiente procedee, inclusiv proiectarea maşini speciale, dispozitivelor şi sculelor.

3. Execuţia, în limita capacităţilor propriului s atelier, a echipamentelor tehnologice proiectate. Acc darea de asistenţă tehnică pentru punerea în funcţiu la parametrii proiectaţi a proiectelor elaborate.

ICTCM EFECTUEAZĂ: ● Studiul problemelor tehnologice individuale sau legate de realizarea unui anumit produs ; ● Elaborarea de procedee tehnologice noi sau dezvoltarea şi îmbunătăţirea unor tehnologii existente ; ● Experimentarea în laborator şi în producţie a procedeelor elaborate ; ● Întocmirea proiectelor de execuţie pentru liniile, maşinile dispozitivele sau sculele necesare aplicării tehnologiilor elaborate ; ● Întocmirea proiectelor de utilare tehnologică a secţiilor sau atelierelor în care se vor realiza tehnologiile respective ; ● Construcţia în ateliere proprii a utilajelor proiectate ; ● Execuţia de prototipuri de maşini şi dispozitive şi experimentarea acestora în vederea introducerii lor în fabricaţia de serie ; ● Elaborarea de metode de măsură şi control interoperaţii şi final, proiectarea şi executarea utilajelor necesare controlului şi sortării cu diferite grade de automatizare ; ● Proiectarea şi eexcutarea de bancuri de probă pentru studii de laborator şi fabricaţia de serie ; ● Organizarea fabricaţiei, transportului intern şi depozitării în secţiile şi atelierele destinate aplicării noilor tehnologii, planificarea şi urmărirea producţiei ; ● Elaborarea de sisteme pentru automatizarea pregătirii tehnologiei precum şi pentru planificare, lansare şi urmărire cu ajutorul calculatorului electronic ; ● Acordarea de asistenţă tehnică pentru aplicarea procedeelor tehnologice elaborate şi pentru punerea în funcţiune a utilajelor proiectate şi executate; ● Acordarea de licenţe, know-how şi punerea la dispoziţie a documentaţiei de execuţie pentru lucrările executate de institut.

Coperta I :

Sus : Instalaţie Laser CO_2 — 400

Jos : Maşină de prelucrat prin electroeroziune cu avans electromecanic pe 3 axe ELER-03 — SEM-3A

CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
EDITOR : OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ANUL XXXX, 6, iunie, 1988

CUPRINS

Prelucrarea metalelor prin așchiere

POPA, M. : **Cercetări experimentale privind determinarea cîmpului termic la mașinile de rectificat plan** 285

POPA, M. : **Optimizarea comportării termice a mașinilor de rectificat** 290

DORIN, AL., NICOLESCU, AD. : **Capete revolver utilizate la centrele de prelucare prin strunjire** 296

CARTIAN, IOANA, DOBRE, N. : **Posibilități de realizare a unor utilaje specializate pentru prelucrarea unor suprafețe de etanșare din industria chimică** 304

MILOIU, GH., VIȘA, FL. : **Introducere în studiul geometriei sculei abrazive melc de rectificare a roților dințate, profilată cu diamante plate** 307

MILOIU, GH., VIȘA, FL. : **Introducere în studiul complex al sculei abrazive melc de rectificare a roților dințate, profilată cu molete și discuri diamantate** 311

BERINDE, V., **Contribuții la optimizarea procesului de șeveruire** 315

GYENGE, CS., ANCĂU, P. : **Aspecte tehnologice și cinematice legate de execuția burghielor în trepte din burghie normale** 320

MACARIE, P. : BREȘTIN, A., GHIȚĂ, M., OPREA, M. : **Probleme ale modernizării tehnologiei de fabricație a discurilor de debitat cu liant metalic** 326

STĂNESCU, C., PETRESCU, MARIA, PETRESCU, C. : **Aspecte teoretice ale prelucrării mecanice cu alice** 329

Proiectarea asistată de calculator

VLAIC, I. : **Danturi cu protuberanță realizate prin rulare** 333

SAVA, S. : **Came pentru strunguri automate** 337

TRUICĂ, N., MELICESCU-RECEANU MIOARA : **Algoritm pentru analiza și sinteza parametrilor geometrici ai transmisiei prin curele trapezoidale echipate cu variator montat pe braț oscilant** 342

Recenzii

DRĂGHICI, I. : **Rădulescu, Gh., Miloiu, Gh., Gheorghiu N., Munteanu, C., Vișa, Fl., Ionescu, N., Popovici, Vl., Dobre, Gh., Rașeev, M. — Îndrumar de proiectare în construcția de mașini, vol. III București, Editura Tehnică, 1986** 345

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului Științific al Institutului Central pentru Construcții de Mașini

Redactor șef : ing. Teodosia Oprescu
Redactor : Șerban Teodorescu
Coordonator : Dr. ing. Alexandru Dorin

SUMARE

CZ : 621.923.4

Popa, M. : **Cercetări experimentale privind determinarea cîmpului termic la mașinile de rectificat plan**

Cercetările experimentale au evidențiat principalele izvoare termice, constituite din instalația hidraulică și motoarele electrice, subansamblurile afectate fiind sania, batiul, masa mașinii de rectificat și montantul. Rezultatele determinărilor efectuate au condus de asemenea, la cunoașterea timpului de stabilizare termică, pentru reducerea acestuia fiind nevoie de măsuri constructive în vederea optimizării comportării termice a mașinilor de rectificat plan.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 6, 8 fig., 1 tab., 4 ref. bibl.

CZ : 621.923.4

Popa, M. : **Optimizarea comportării termice a mașinilor de rectificat**

În urma studiilor privind cunoașterea cîmpului termic la mașinile de rectificat, se prezintă căile constructive de optimizare și asigurare a stabilității termice, în scopul creșterii preciziei de prelucrare și a reducerii erorilor cu cauze termice în sistemul tehnologic M.D.S.P.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 6, 9 fig., 10 ref. bibl.

CZ : 621.941.23 : 621.954 : 621.923.4

Dorin, Al., Nicolescu, Ad. : **Capete revolver utilizate la centrele de prelucrare prin strunjire**

În prezent, pe centrele de prelucrare prin strunjire se pot realiza și operații de găurire, frezare sau rectificare. Această lărgire a gamei de operații care se pot realiza pe centrele de prelucrare prin strunjire a fost posibilă fie prin realizarea în construcție modulară a mașinii-unelte fie prin utilizarea unor capete revolver care să permită antrenarea în mișcare de rotație a sculelor pentru găurire, frezare sau rectificare. În lucrare sînt prezentate unele soluții constructive de capete revolver cu axa orizontală și locașuri pentru fixarea și schimbarea automată a blocurilor de scule realizate în sistem modular, precum și caracteristicile capetelor revolver utilizate la centrele de prelucrare prin strunjire.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 6, 13 fig., 7 ref., bibl.

CZ : 621.753 : 631

Cartian, Ioana, Dobre, N. : **Posibilități de realizare a unor utilaje specializate pentru perlucrarea unor suprafețe de etanșare din industria chimică**

Dispozitivul proiectat este destinat prelucrării suprafețelor de etanșare la plăcile tubulare ale schimbătoarelor de căldură. Prelucrarea se va realiza pe partea dinspre țevi a plăcii, suprafețele de etanșare fiind prevăzute cu canale în spirală de adîncime de 0,5 mm și pas de 0,8 mm.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 40, 2 fig., 4 ref. bibl.

CZ : 621.91.02

Miloiu, G., Vișa, F. : **Introducere în studiul geometriei sculei abrazive melc de rectificare a roților dințate, profilate cu diamante plate**

Lucrarea reprezintă o introducere în studiul geometric complex al procedeului Reishauer de rectficare a roților dințate cilindrice cu sculă abrazivă melc, pornind de la profilul de referință al roții și schema aparatului de profilare cu diamante plate — la optimizarea reglajului la profilare și evaluarea abaterilor minimizate pe cremaliera generatoare. Expunerea utilizează teoria matriceal operațională, care are avantajul că oferă o descriere concentrată, iar prin dezvoltare creează posibilitatea tratării numerice pe calculator.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 6, 4 fig., 5 ref. bibl.

CZ : 621.91.02

Miloiu, G., Vișa, F. : **Introducere în studiul complex al sculei abrazive melc de rectificare a roților dințate, profilată cu molete și discuri diamantate**

Lucrarea reprezintă o introducere în studiul complex al procedeului Reishauer de rectificare a roților dințate cilindrice cu sculă abrazivă melc, pornind de la profilul de referință al roții și schema aparatului de profilare cu două discuri diamantate/moletă — la optimizarea profilului discurilor/moletei și reglajului acestora și evaluarea abaterilor pe roata de prelucrat, la profilarea rectilinie și circulară a discurilor/moletei. Expunerea utilizează teoria matriceal operațională, care are avantajul că oferă o descriere concentrată, iar prin dezvoltare creează posibilitatea tratării numerice pe calculator.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 6, 2 fig., 6 ref. bibl.

CZ : 621.91.02

Berinde, V. : **Determinarea vitezei de așchiere la șeveruirea cu un șever special**

Studiul tratează determinarea vitezei de așchiere, în cazul unui șever special (cu caneluri înclinate). Sînt aratate, numai, determinările componentelor vitezei de așchiere specifice șeverului special (executat de autor), față de cele care au fost determinate la șeverul clasic. Cu această matematizare a determinării vitezei de așchiere la șeveruire, se generalizează metodologia generală de optimizare a introducerii procesului de șeveruire în producție.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 6, 5 fig., 15 ref. bibl.

CZ : 621.75 : 621.951

Gyenge, Cs., Ancău, M., Macarie, P. : **Aspecte tehnologice și cinematice legate de execuția burghielor în trepte, din burghie normale**

În lucrare se prezintă posibilitățile de realizare a burghielor în trepte, din burghie normale, cinematica mecanismului cu came ce asigură realizarea mișcărilor elicoidale necesare rectificării de detalonare a fețelor de așezare a acestor burghie, cît și metodologia de calcul al profilelor acestor came.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 6, 9 fig., 2 tab., 3 ref. bibl.

CZ : 621.922

Brestin, A., Ghiță, M., Oprea, M. : **Probleme ale modernizării tehnologiei de fabricație a discurilor de debitat cu liant metalic**

Avînd în vedere dezavantajele tehnologiilor existente de fabricare a discurilor de debitat metalice, se impune o nouă tehnologie care trebuie să satifacă dezideratul îmbunătățirii compactității materialului abraziv și care trebuie să limiteze deformațiile termice în direcție radială și axială ale sculelor. Problema a fost rezolvată prin realizarea unei încălziri inductive a părții active a discurilor, fixate într-un dispozitiv special.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 6, 3 fig., 2 tab., 5 ref. bibl.

CZ : 621.79.023.2

Stănescu, C., Petrescu, Maria, Petrescu, C. : **Aspecte teoretice ale prelucrării mecanice cu alice**

Lucrarea prezintă aspectele teoretice principale ale prelucrării mecanice cu alice a pieselor metalice, de exemplu, aspectul energetic, al ecruisării superficiale și al apariției rezistenței radiațiilor acustice reziduale. Se arată influența unor parametri tehnologici ai prelucrării mecanice cu alice care permit creșterea rezistenței la oboseală și la coroziune ca urmare a apariției rezistențelor radiațiilor acustice reziduale de suprafață.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 6, 8 fig., 5 ref. bibl.

CONTENTS

DC : 621.923.4

Popa, M. : **Experimental researches concerning the determination of the thermical field in rectification machine-tools**

Experimental researches showed up the principal thermical sources which are the hydraulic plant and the electric motors, while the main parts affected are the tool-carriage, the frame, the bed of the rectification machine and the upright. The results of these determinations brought about a better knowledge of the time of thermical stability and for reducing it, is necessary to adopt constructive ways in view of improving the thermical behaviour of the plane grinding machine-tools.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 6, 8 Figs., 1 Tab., 4 Paps.

DC : 621.923.4

Popa, M. : **Optimisation of thermical behaviour in grinding machine-tools**

As a result of studies concerning the knowledge of the thermical field in grinding machine-tools, a description is given of the constructive ways for the optimisation and the obtention of thermical stability, in view of improving the machining precision and of reducing the errors arising in the technological system (M.D.S.P.) from thermical causes.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 6, 9 Figs. 10 Paps.

DC : 621.753 : 681

Cartian, Ioana, Dobre, N. : **Machining device for the sealing surfaces of tube plates for heat exchangers**

The device designed is meant for machining of the sealing surfaces of tube plates used at heat exchangers. Their machining should be done on the tube side of the plate, the sealing surfaces being provided with worm grooves with a 0.5 mm depth and. a 0.8 mm pitch.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 6, 2 Figs., 4 Paps.

DC : 621.91.02

Miloiu, Gh., Vișa, Fl. : **Introduction in the study of geometry of the worm abrasive tool for grinding cylindrical gears, relieved by means plate diamonds**

This paper is an introduction in the complex geometrical study of Reishauer method for grinding cylindrical gears by means of worm abrasive tool, starting from the basic profile of the gear wheel and the scheme of the plate diamonds relieving device — to optimising the relieving settting and evaluating the minimised deviations on the generating rack. The matrix — operational theory has been used, that gives advantage to show a concentrated description and to create by developing the opportunity of numerical treatment on a computer.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 6, 4 Figs., 5 Paps.

DC : 621.91.02

Miloiu, G., Vișa, F. : **Introduction in the complex study of geometry of the worm abrasive tool for grinding cylindrical gears, relieved by means of profiled tools and diamond grinding discs**

This paper is an introduction in the complex study of the Reishauer method for grinding cylindrical gears by means of worm abrasive tool, starting from the basic profile of the gear wheel and the scheme of the dual diamond disc/profiled tools relieving denice to optimizing the profile of disc/profiled tools and their setting, and evaluating the deniations on the geared wheel to be machined, for the rectilienear and circular relieving of the disc/profiled tool. The matrix operational theory has been used, thees giving the advantage to show a concentrated description and to create, by developing, the opportunity of numerical treatment on a computer.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 6, 2 Figs., 6 Paps.

DC : 621.91.02

Berinde, V. : **Shaving speed determination in the case of a special shaver**

The study deals with shaving speed determination in the case of a special shaver namely ; inclined sholted shaver. Only the shaving speed components determinations are treated, those which are specific to the special shaver, executed by the author in connection with those that were determined on the classical shaver. Through this mathematization of the shaving speed determination at shevering the general optimising methodology of the introducing of the shaving process in every day production is generalized.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 6, 5 Figs., 15 Paps.

DC : 621.75 : 621.951

Gyenge, Cs., Ancău, M., Macarie, P. : **Technological aspects and kinematics execution of expanding drills from normal drill**

The article presents the possibilities to accomplish the expanding drill from normal drill, the kinematics of cam drive, accomplishing the helical motions for the relief grinding of the drill's flank and the calculus method of the contour of cam.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 6, 9 Figs., 2 Tabs., 3 Paps.

DC : 621.922

Brestin, A., Ghiță, M., Oprea, M. : **Problems in Updating the Technology Used for Manufacturing Metallic-Binder Cutting Disks**

Given the drawbacks of the existing technologies used for manufacturing metallic cutting disks, a new technology is called for which must improve abrasive-disk compactness and limit thermal deformation of the tools both radially and arially. This problem has been solved by subjecting the active area of the disks, which are clamped in a special device, to induction heating.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 6, 3 Figs., 2 Tabs., 5 Paps.

DC : 621.79.023.2

Stănescu, C., Petrescu, Maria, Petrescu, C. : **Theoretical aspects of shot peening**

The work contains the main theoretical aspects of metallic shot peening. For instance; the energetic aspect of superficial shotting and residual coercion formation. The authors present the influence of shot peening technological parameters allowing to increase the fatigue and corrosion tension as a result of the formation of superficial residual coercions.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 6, 8 Figs., 5 Paps.

DC : 621.833

Vlaic, I. : **Gears with protuberance achievements by rooling**

This paper illustrate the generation of the gears by simulation on the desktop computer HEWLETT-PACKARD 9845 B. It is presents the optimalization for the geometrical and constructive parameteres of a generalized tool for on be obtained the profiles with and without protuberance at the cylindrical gears with staight or inclined teeths.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 6, 6 Figs., 2 Paps.

SOMMAIRES

CD : 621.923.4

Popa, M. : **Recherches expérimentales concernant la détermination du champs thermique dans les machines-outils planes à rectifier**

Les recherches expérimentales ont mis en évidence que les principales sources thermiques sont l'installation hydraulique et le moteurs électriques et que les sous-enesmbles affectés sont le chariot, le bâti, la table de la machine à rectifier et le montant.

Les résultats obtenus par les détermination effectuèes ont aussi fourni de renseignements sur la connaissance du temps de stabilite thermique, pour la réduction duquel seront nécessaires des mesures constructives en vue de l'optimisation du comportement thermique des machines-outils planes à rectifier.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 6, 8 fig., 1 tab., 4 réf. bibl.

CD : 621.923.4

Popa, M. : **Optimisation du comportement thermique des machines-outils à rectifier**

Suite aux études concernant la connaissance du champ thermique chez les machines-outils à rectifier, on présente ici quelques voies constructives visant l'optimisation et l'assurance de la stabilité tehrmique, en vue de l'amélioration de la précision d'usinage et de la réduction des erreurs provenantes de sources thermiques dans le système M.D.S.P.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 4, 9 fig., 10 réf. bibl.

CD : 621.753 : 681

Cartian, Ioana, Dobre, N. : **Dispositif pour la remaniation des surfaces d'étancheité des plaques tubulaires aux changeurs de chaleur**

Le dispositif projeté est déstiné a la prelucration des surfaces d'étancheité des plaques tubulaires des changeurs de chaleur. Les surfaces d'étancheité serons remaié sur la partie interieure de la plaque par des canals en spirale de profondeur 0 5 mm et pas 0,8 mm.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 6, 2 fig., 4 réf. bibl.

CD : 621.91.02

Miloiu, G., Vişa, F. : **Introduction à l'étude de la géometrie d'outil abrasif — méré pour la rectification des engrenages, profilé aux diamants plats.**

L'oeuvre represente une introduction à l'étude géométrique complexe du procédé Reishauer pour la rectification des engrenages cylindriques par un outil abrasif — mère à partir du profile de refférence de l'engrenage et du schema de l'appareill de profilage aux diamants plats afin de l'optimisation du reglage pendant le dressage ainsi que pour l'évaluation des deviations minimisées sur crémaillière génératrice.

L'étude utilise la théorie matriceelle — opérationelle qui ait l'avantage de rendre une déscription concentrée et qui par developpement, offre la possibilitée du traitement numèrique au calculateur.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 6, 4 fig., 5 réf. bibl,

---

CD : 621.91.02

Miloiu, Gh., Vişa, F. : **Introduction à l'étude complexe d'outil abrasif — mère à rectifier les engrenages profilé par des molettes et des disques diamantés**

L'oeuvre represente une introduction à l'étude complexe du procédé Reishauer pour la rectification des engrenages à partir du profile de refference de l'engrenage et du schema de l'appareill de profilage a deux disques diamantés/molette afin de l'optimisation de profile des disques/molette afin de l'optimisation du profile des disques/molette et du reglage de celles-ci ainsi que l'évaluation des deviations sur la roue à usiner, au profilage droit et circulaire des disques/molette.

L'étude en utilise la théorie matriceelle — operationelle qui ait l'avantage de rendre une description concentrée et qui pour developpement, offre la possibilitée du traitement numerique au calculateur.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 6, 2 fig., 6 réf. bibl.

CD : 621.91.02

Berinde, V. : **La détermination de la vitesse de cisaillement, dans le cas d'un outil spécial pour shaving**

L'étude traite la détermination de la vitesse de cisaillement, dans le cas d'un outil pour shaving, spécial, c'est à dire, un outil pour shaving à raimures inclinées. Ici, on traite seulement les déterminations des composants de la vitesse de cisaillement spécifiques à l'outil pour shaving spécial, exécuté par l'auteur par rapport aux déterminations de l'outil pour shaving classique. A cette détermination de la vitesse de cisaillement au shaving, on généralise la méthodologie générale d'optimisation de l'introduction du processus de shaving dans la production.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 6, 5 fig., 15 réf. bibl.

CD : 621.75 : 621.951

Gyenge, Cs., Ancău, M., Macarie, P. : **Des aspects technologiques et cinématiques de l'éxécution des forets reglables, en transformant les forets normaux.**

On présente aussi la cinématique des mécanismes a cames qui assurent la réalisation des mouvements helicoidalles nécessaires à la réctification de détalonnage des faces de placement des forets, ainsi que la méthodologie de calcul des profils des cames.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 6, 9 fig., 2 tab., 3 réf. bibl.

CD : 621.922

Breştin, A., Ghiţă, M., Oprea, M. : **Problèmes de la modernisation de la technologie de fabrication des disques abrasifs à liant métallique**

Ayant en vue les désavantages des technologies existentes de fabrication des disques abrasifs métalliques, une nouvelle technologie s'impose, qui répond à la nécessite d'améliorer la compression du matériel abrasif et de limiter les déformations thermiques en direction radiale et axiale des outils. Cette problème a été résolue par la réalisation d'un échauffement inductif de la partie active des disques fixés dans un support spécial.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 6, 3 fig., 2 tab., 5 réf. bibl.

CD : 621.79.023.2

Stănescu, C., Petrescu, Maria, Petrescu, C. : **Aspects théoriques du grénaillage**

L'ouvrage présente des aspects théoriques principaux du grénaillage des pièces métalliques. Par exemple ; l'aspect énergétique, de l'écruissage superficiel et de la création des contraintes résiduells. On montre l'influence des paramétrès technologiques du grenaillage qui permet d'augmeter la tenue à ia fatigue et à la corrosion en creant des contraintes residuelles de surface.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 6, 8 fig., 5 réf. bibl.

CD : 621.833

Vlaic, I. : **Des dentures avec protuberance executées par roulage**

L'ouvrage indique la simulation du generation de roues dentées, sur le calculateur de bureau HEWLETT-PAKARD 9845 B. Il est presentée l'optimisation pour les parametres geometriques constructives d'un outil a decouper generalizé pour obtenir les profiles avec et sans protuberance a roues avec denture droite ou inclinée.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 6, 6 fig., 2 réf. bibl.

INHALTSVERZEICHNIS

DK : 621.923.4

Popa, M.: **Experimentaluntersuchungen zur Bestimmung des thermischen Feldes bei den Flachschleifmaschinen**

Die Experimentaluntersuchungen haben die wichtigsten thermischer Quellen hervorgerufen. Diese bestehen aus der hydraulische Anlage und den Elektromotoren ; die untersuchten Einheiten sind: der Schlitten, der Gestell, der Schleifmaschinentisch und der Ständer. Die erzielten Ergebnisse der unternommenen Bestimmungen führten auch zur Feststellung der Wärmebeständigkeitszeit, zu welcher Verminderung Baumaßnahmen zur Optimierung des thermischen Verhaltems von Flachscheleifmaschinen nöting wären.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 6, 8 Bild., 1 Taf., 4 Lit.

DK : 621.923.4

Popa, M.: **Optimierung des thermischen Verhaltens der Schleifmaschinen**

Als Folge des Studiums betreffs des Kennens des thermischen Feldes bei S hleifmaschinen werden zur Erhöhung der Bearbeitungsgenauigkeit und zur Verminderung der thermischbedingten Fehler im technologischen System, sowohl die konstruktiven Optimierungswege als auch die der Wärmebestandigkeitversicherung dargestellt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 6, 9 Bild., 10 Lit.

DK : 621.753.681

Cartian, Ioana, Dobre, N.: **Anlage zur Bearbeitung der Dichtungsfläche der Wärmeaüstauscher**

Diese Anlage ist bestimmt zur Bearbeitung der Dichtungsfläche der Wärmeaustauscher. Diese Dichtungsfläche wird auf der Innenseite der Platte bearbeitet, durch drehen einer Spiralenrille mit 0,8 mm Gang und 0,5 mm Tiefe.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 6, 2 Fig., 4 Lit.

DK : 621.91.02

Miloiu, Gh., Vişa, F: **Einführung in die Komplexe Untersuchung der Geometrie von mit Diamantscheiben und Diamantprofilrollen profilierten Schleifschnecken**

Die vorliegende Ausarbeitung mit ist eine Einführung in die komplexe Untersuchung des Reishauer Verfahrens zum Schleifen von Stirnrädern mit Schleifschnecken, ausgehend vom Grundprofil des Rades und vom Schema des Profiliergerätes mit zwei DiamantScheiben/Diamantprofilrollen, zur Optimierung der Scheiben/der Profilrolle und zu deren Einstellung und zur Abschätzung der Abweichungen auf dem bearbeiteten Rad, zur geradlinigen und kreisförmigen Profilierung der Scheiben/Profilrollen. Vermendet wird die operationale Matrix-Theorie, die den Vorteil aufweist, das eine konzentrierte Beschreibung und, durch Erweiterung, die numerische Bearbeitung auf Rechnen ermöglicht wird.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 6, 2 Fig., 6 Lit.

DK :621.91.02

Miloiu, Gh., Vişa, F.: **Einführung in die Untersuchung der Geometrie von mit Flachdiamanten profilierten Schleifschnecken zwecks Schleifen von Zahnrädern**

Die vorliegende Ausarbeitung ist eine Einführung in die komplexe geometrische Untersuchung des Reishauer-Verfahrens zum Schleifen von Stirnrädern mit Schleischnecken, ausgehend vom Grundprofil des Zahnrades und dem Schema des Profolierungsgerätes mit Flachdiamanten zur Optimierung der Einstellung beim Profilieren und zur Abschätzung der minimierten Abweichungen an der generierenden Zahnstange. Verwendet wird die operationelle Matrix-Theorie, die den Vorteil aufweist, dass eine konzentrierte Beschreibung und durch Erweiterung, die numerische Bearbeitung auf Rechnern ermöglicht wird.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 6, 4 Fig., 5 Lit.

DK : 621.91.02

Berinde, V.: **Die Bestimmung der Schnittgeschwindigkeit beim Schaben mit einem Sonderschaber**

Die Arbeit übermittelt die Bestimmung der Schnittgeschwindigkeit, im Falle eines speziellen Messers, und zwar ein Messer mit Rillen. Es werden die Ermitllungen schrägen der spezifischen Schnittgeschwindigkeitskomponenten des speziellen, vom Autor hergestellten Messers bestimmt, im Vergleich zu jenen, die bei dem klassichen Messer ermitelt wurden. Mit dieser Mathematisierung der Schnittgeschwindigkeitsbestimmung beim Schaben wird des allgemeine Optimierungsverfahren, betreffend den Einsatz des Schabprozesses in die Produktion, verallgemeinert.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 6, 5 Bild., 15 Lit.

DK : 621.75 : 621.951

Gyenge, Cs., Ancău, M., Macarie, P., **Technologische und kinematische Aspekte in Verbundenheit mit der Verarbeitung der kombinierten Bohrer aus normalen Bohrern**

In dieser technischen Dokomentation werden die Moglichkeiten der herstellung der kombinierten Bohrer aus normalen Bohrern dargestellt sowie die Kinematik des Nockentriebs, welcher die Realisation der schraubenlinienformigen Bewegungen versichert, die notig sind fur das Hinterdrehenschleifen der Facetten dieser Bohrer und die Berechnungsmethoden der Profile dieser Nocken.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 6, 9 Bild., 2 Taf., 3 Lit.

DK : 621.922

Breştin, A., Ghiţă, M., Oprea, M.: **Probleme der Modernisierung der Bearbeitungstechnologie der Schneidscheiben mit metalischen Bindmaterial**

Ausgehend von den Nachteilen der heute angewendeten Bearbeitungstechnologien der metallischen Schneidscheiben, wird eine neue Technologie entwikelt welche die Kompaktität des Schleifmaterials verbessert und die thermischen Verformungen in radialer und axialer Richtung veringert. Das Problem wurde durch eine induktive Erwärmung, des aktiven Teils der Scheibe in einer Vorrichtung, gelost.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 6, 3 Bild, 2 Taf., 5 Lit.

DK : 621.79.023.2

Stănescu, C., Petrescu, Maria, Petrescu, C.: **Theoretische Aspekte der Schrotbearbeitung (shot peening)**

Das Werk enthielt die grundsäthleichen theoretischen Aspekte der Schrotbearbeitung (shot peening) metallischer Teilen. Zum Beispiel ; der energetische Aspekt das Oberflächenschrotens (shot peening) und der Erscheinung des Rückstandszwanges. Mann zeigt den Einfluss der technologischen Kenngrössen der Schrotbearbeitung (shot peening), die das Wachstum des Anspruchs und Korrosionswiderstands erlauben, daraus folgt die Erscheinung der Oberflächenrückstandszwang.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 6, 6 Bild., 2 Lit.

DK : 621.833

Vlaic, I.: **Im Abwälzverfahren hargestellte Verzahnungen mit Protuberanz**

Die Arbeit bezieht sich auf die Rechnersimulation Erzeugung von Zahnradprofilen am HEWLETT-PACKARD Rechner 9845 B. Es wird analysiert die Optimierung der Parameter der Werkzeuggeometrie eines Werkzeugs zur von Zahnradprofilen mit und ohne Erhaltung Höhen — und Breitenballigkeit an Stirurädern mit geraden oder schrägen Zähnen.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 6, 6 Bild., 2 Lit.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК: 621.923.4

Попа, М.: *Экспериментальные исследования для определения термического поля в плоскошлифовальных станках*

Экспериментальные исследования выделяли основные термические источники составленные из гидроустановкой и электродвигателей, предназначенные узлы являясь каретка, станина, машинная плита шлифовального станка и стойка. Результаты проведенных определений привели также к познанию времени термической стабилизации, для снижения которого нужны конструктивные меры ввиду оптимизации термического поведения плоскошлифовальных станков.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 6, 8 рис., 1 таб., 4 лит.

ДК: 621.923.4

Попа, М.: *Оптимизация термического поведения шлифовальных машин*

В результате исследования термического поля шлифовальных машин даются конструктивные возможности оптимизации и обеспечения термической стабильности в целях повышения точности обработки и сокращения искажений термической причины в технологической системе СПИД.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 6, 9 рис., 10 лит.

ДК: 621.753.681

Картиян, Иоана, Добре, Н.: *Устройство для обработки поверхностей уплотнения у трубчатых пластинок для теплообменников*

Проектированное устройство предназначено для обработки поверхностей уплотнения у трубчатых пластинок теплообменников. Обработку будут осуществлять на трубчатой стороне пластинке, так как поверхности уплотнения оснащены с винтовыми каналами глубиной 0,5 мм и шагом 0,8 мм.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 6, 2 рис., 4 лит.

ДК: 621.91.02

Милою, Г., Виша, Ф.: *Введение в изучение червячного абразивного шлифовального иструмента для зубчатых колёс, профилированных плоскими алмазами*

Работа представляет собой введение в комплексное геометрическое изучение способа Рейшауер шлифования цилиндрических зубчатых колёс червячным абразивным инструментам, начиная с исходного профиля колеса и схемы устройства для профилирования с плоскими алмазами и оптимизации регулировки при профилировании и оценка минимализированных отклонений на генерирующей рейкс. Изложение использует операционную матричную теорию, дающую сконцентрированное описание, а путём фазвития сосдаёт возможности числовой обработки на ЭМВ.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 6, 4 рис., 5 лит.

ДК: 621.91.02

Милою, Г., Виша, Ф.: *Введение в комплексное изучение червячного абразивного инструмента для шлифования зубчатых колёс, профилированного накаткой и дисками с алмазом*

Работа представляет введение в комплексное изучение метода Рейшауер шлифования цилиндрических зубчатых колёс при помощи червячного абразивного инструмента, начиная с исходного профиля колеса и схемы устройства для профилирования с двумя дисками с алмазами/накатками до оптимизации плофиля дисков/накатки и их регулировки и оценки отклонений на обрабатываемои колесе, при прямолинейном и круговом шлифовании дисков/накатки. В изложении использована операционная матричная теория, имеющая преимущество дать сконцентрированное описание, а путём развития создаёт возможность числовой обработки на ЭВМ.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 6, 2 рис., 6 лит.

ДК: 621.91.02

Беринде, В.: *Определение скорости резания на специальный шевер*

Работа излагает определение скорости резания на специальный шевер а именно: шевер с наклонными шлицами.

Проработаны только определения составляющих скорости резания характерные для специального шевера изготовленного автором, по сравнению с теми, которые определялись для классического шевера. С этим математическим способом определения скорости резания на шевинговании, распространяется общий метод с целью ввода в производство в улучшенных условиях процесса шевингования.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 6, 5 рис., 15 лит.

ДК: 621.75: 621.951

Гиенге, Ч., Анкэу, М., Макарие, Р.: *Технологические и кинематические аспекты, связанные с изготовлением ступенчатых сверел из нормальных сверел*

В работе представлены возможности изготовления ступенчатых сверел из нормальных сверел, кинематика кулачкового механизма, обеспечивающего осуществление винтовых движений необходимых для затьеловоного шлифования поверхностей установки этих сверел, а также методология расчёта профиля этих кулачков.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 6, 9 рис., 2 таб., 3 лит.

ДК: 621.922

Брештин, А., Гицэ, М., Опря, М.: *Вопросы модернизации технологии изготовления абразивных металлических дисков*

Имея в виду невытод существующих технологий изготовления абразивых металлических дисков, надо найти новую технологию, которая должна удовлетворить потребности улучшения компактности абразивного материала и которая должна ограничить тепловые деформации по радиальному и аксиальному направлению инструментов. Этот вопрос было разрешено осуществлением индуктивного отепления активной части дисков, зафиксированных в специальном устройстве.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н, 6, 3 рис., 2 таб., 5 лит.

CZ : 621.833

Vlaic, I. : **Danturi cu protuberanţă realizate prin rulare**

Lucrarea se referă la simularea pe calculatorul de birou, HEWLETT-PACKARD 9845 B, a generării roţilor dinţate. Se prezintă optimizarea parametrilor geometrici constructivi ai unei scule generalizate pentru obţinerea profilelor cu şi fără protuberanţă la roţi dinţate cilindrice cu dantură dreaptă sau înclinată.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 6, 6 fig., 2 ref. bibl.

CZ :621-233 : 621.835

Sava, S. : **Came pentru strunguri automate**

În lucrare este prezentată o metodologie nouă pentru proiectarea, cu ajutorul calculatorului electronic, a camelor pentru comanda strungurilor automate. Se expun principalele probleme ridicate de o astfel de abordare şi se analizează în detaliu, ca exemplu, curba de apropiere rapidă, stabilindu-se relaţii de calcul pentru coordonatele centrului rolei palpatoare şi ale înfăşurătoarei. Două planşe oglindesc rezultatele obţinute cu un sistem de programe elaborat de către autor ; programele au în vedere calculul propriu-zis, desenul automat (pe plotter) şi comanda numerică a maşinii-unelte pentru prelucrat cama.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 6, 5 fig., 7 ref. bibl.

CZ : 621.852

Truică, N., Melicescu-Receanu, Mioara : **Algoritm pentru analiza şi sinteza parametrilor geometrici ai transmisiei prin curele trapezoidale, echipate cu variator montat pe braţ oscilant**

În lucrare se consideră că roata motoare (O_1, R_1) transmite puterea N_0 roţii conduse (O_2, R_2) prin intermediul variatorului (**P**, ρ_1, ρ_2) ; ρ_1, $\rho_2 \in [\rho_{min}, \rho_{max}]$

În ambele ramuri ale transmisiei se foloseşte aceeaşi curea trapezoidală, a cărei lungime de rulare, corespunzătoare puterii N_0, este cunoscută $\left(L_p^0\right)$. Centrele O_1 şi O_2 sînt fixe, centrul **P** este solidar cu un braţ articulat în C_0, de asemenea fix. R_1, R_2, ρ_1, ρ sînt raze de rulare, viteza lor periferică fiind aceeaşi, pentru fiecare ramură a transmisiei, cu cea a curelei trapezoidale. În lucrare se scrie ecuaţia parametrică a locului geometric descris de **P** şi se calculează poziţiile centrelor de curbură, respectiv poziţia optimă a lui C_0.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 6, 1 fig., 1 tab., 2 ref. bibl.

DC : 621-233 ; 621.835

Sava, S. : **Cams for the command of the automatic lathes**

A new methodology of projection, by means of the digital computer, and of the cams for the command of the automatic lathes, is presented in this work. The main problems raised by such a view are exposed and analysed in detail, for example, the curve of fast approach, establishing relations of calculus for the co-ordinates of the center of the cam follower roller and of the envelope. Two aneexed sketches prove the results obtained by a system of programmes that take into account the proper calculus, the plotter and the numeric command of the machine tool for the cam working.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 6, 5 Figs., 7 Paps.

DC : 621.852

Truică, N., Melicescu-Receanu, Mioara : **Algorithm for the analysis and synthesis of the geometrical parameters of wheel drive with a variator swing arm mounted.**

This work considers that N_0 power transmission from drive wheel (O_1 R_1) to driven wheel .O_2, R_2) is performed by means of speed variator (**P**; ρ_1 ; ρ_2) ρ_1, $\rho_2 \in [\rho_{min}, \rho_{max}]$. Both transmission branches use the same wheel taking into account the fact that L_p^0, which is already known, represents the rolling length, corresponding to N_0 power. O_1 and O_2 centres are fixed. **P** centre joints an articulated arm in C_0 centre, fixed too, R_1, R_2, ρ_1, ρ_2 reprezent rolling radins, their peripheral speed corresponding to each drive branch, being identical with the wheel speed. The work also shows the parametric equation of the locus drawn by P and the calculation of curvature centres positions, C_0 optimal position respectively.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 6, 1 Fig., 1 Tab., 2 Paps.

CD : 621-233 : 621.835

Sava, S. : **Des cames pour les machines-outils automates a tourner.**

Dans cet ouvrage on expose une nouvelle méthodologie à projeter, à l'aide de l'ordinateur, des cames pour les machines-outils automates à tourner. Ils sont présentées les principales problèmes relevées par une telle méthode et analysées, en détail, par exemple, la courbe d'approchement rapide, en établissant des relations mathématiques pour le calcul des coordonnées du centre du galet et d'enveloppe. Deux planches anéxées montrent les résultats obtenus à l'aide d'un système des programmes réalisés par l'auteur, programmes qui ont en vue le calcul proprement-dit, le dessin automat (table traçante) et la commande numérique de la machine-outil à usiner la came.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 6, 5 fig., 7 réf. bibl.

CD : 621.852

Truică, N., Melicescu-Receanu, Mioara : **Algorithme pour l'analyse et la synthèse des paramètres géométriques de la transmission par courroies trapézoïdales équipée de variateur monté sur un bras oscillant**

L'article considère que la roue motrice (O_1, R_1) transmet la puissance N_0 à la roue entraînée (O_2, R_2) par le variateur (**P**; ρ_1, ρ_2); ρ_1, $\rho_2 \in [\rho_{max}, \rho_{min}]$. Pour les deux branches de la transmission on utilise la même courroire trapézoïdale, dont la lougueur de roulement, correspondant à la puissance N_0 est déjà connue $\left(L_p^0\right)$. Les centres O_1 et O_2 sont fixes, le centre **P** est lié à un bras articulé en C_0, toujours fixe. R_1 R_2, ρ_1, ρ_2 sont des rayons de roulement, leur vitesse périphérique étant identique, pour chaque branche de transmision, à celle de la courroie trapézoidale.

Dans l'article on donne l'équation paramétrique du lieu géométrique décrit par **P** et on calcule les positions des centres de courbure, respectivement la position optimale de C_0.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 6, 1 fig., 1 tab., 2 réf. bibl.

DK : 621-233 ; 621.835

Sava, S, : **Nocken für Drehmaschinen**

In dieser Arbeit ist eine neue Methodologie fur das Projiezieren, mit Hilfe der electronischen Rechenmaschine der Nocken fur die Drehmaschinen mit Nocken-steuerung vorgelegt. Es werden die wichtigen Problemen, die aus so einer Herangehung heransgekommen sind, dargelegt und man analysiert im Detail, als Beispiel, die schnelle Annaherungkurve ; es werden die Rechnungsbeziehungen der Koordinaten dem Zentrum der palpierenden Rolle und der umhullenden Kurve bestimmt. Als Anhang gibt es zwei Tafeln in den man zeigt die Ergebnisse die, mit einem Programmensytem, die von dem Author erhalten sind. Die Programmen realisieren die Rechnungen, die automatische Zeichnung (mit Plotter) und die numerische Steuerung fur die Werkzeugmaschinen, die an der Verarbeitung der Nocken verwendet sind.

Constructia de maşini, 40 (1988), Nr. 6, 5 Bild., 7 Lit.

DK : 621.852

Truică, N., Melicescu-Receanu, Mioara : **Algoritm zur Analyse und Synthese der geometrischen Parameter der trapezoidalen Riemenantriebe mit schwingendem Armgetriebe**

Der Artikel geht davon aus, daß das Leitrad (O_1, R_1) die Kraft N_0 über die Getrieb (**P**; ρ_1, ρ_2), ρ_1, $\rho_2 \in [\rho_{min}, \rho_{max}]$, an das getriebene Rad (O_2, R_2) sendet. An den beiden Seiten des Antriebes wird derselbe trapezoidale Riemen benützt, dessen Arbeitslänge (L) $\left(L_p^0\right)$ bekannt ist und der der Kraft N_0 entspricht. Die Mittelpunkte O_1 und O_2 sind fest, der Mittelpunkt **P** befindet sich auf einem schwingendem Arm der im Punkt C_0 befestigt ist. R_1, R_2, ρ_1, ρ_2 sind Rollradien, deren peripherische Geschwindigkeit gleich mit der der Keilriemen für jeden Zweig des Getriebes ist. Der Artikel beschreibt die parametrische Gleichung der geometrischen Bahn des Punktes **P** und es werden die Stellen der Krümmungsmittelpunkte, beziehungsweise die optimale Stelle von C_0 berechnet.

Constructia de maşini, 40 (1988), Nr. 6, 1 Bild., 1 Taf., 2 Lit.

ДК : 621.79.023.2

Стэнеску, К., Петреску, Мария, Петреску, К. : *Теоретические вида (shot peening)*

Работа представляет главные теоретические вида shot peening металлов.

Например : энергетический вид поверхностного оттвердения и появление сопротивлений верноточных акустических вали.

Показавается влияние технологических параметров shot peening, позволяющие увеличить сопротивления. на усталость и на коррозии, вечеуствие почвления сопротивлений остаточних поверхностных акустических вали.

Constructia de maşini, 40 (1988),
н. 6, 8 рис., 5 лит.

ДК : 621.833

Влайк, И. : *Зубы с бугоре реализованны по катание*

В статье говорится о симулация генерированию зубчатые колесы на процессный калькулатор HP-9845 B. Труб представляет одна оптимализация для геометрические параметры нужные на строить обобщённый инструмент для добываться профиль с бугоре и безбугоре за правые или наклонные зубы.

Constructia de maşini, 40 (1988),
н. 6, 6 рис., 2 лит.

ДК : 621—233 ; 621.835

Сава, С. : *Кулачеки автоматических токарных станков*

В работе изложится новая методология для проектирование кулачекев автоматических токарных станков с помощьц ЭМВ. Представается главные проблемы методы и иследовается в деталях, например, кривая линия быстрого приближения, устанавливается управнении для расчетах координаты центры ролика и оболочку. Две придаточные чертежы показывают резюлтаты какие были добываны с помощью системы программирования автора. Эта система реализовает выкладка автоматический чертеж и вычислительная команда для станока который переработывает кулачек.

Constructia de maşini, 40 (1988),
н. 6, 5 рис., 7 лит.

ДК : 621.852

Труйкэ, Н., Мелическу — Речеану, Миоара : *Алгоритм для анализа и синтеза геометрических параметров клиноременных передач предусмотренные с установленным на колебательнем плече вариатором*

В работе допускается что приводное колесо (O_1, R_1), передает мощность приводимому колесу (O_2, R_2) посредством вариатора **P**; ρ_1, ρ_2); ρ_1, $\rho_2 \in [\rho_{min}, \rho_{max}]$. В обеих ветвях передачи употребляется един и тот же клиновидный ремень, длина хода которого, соответствующая мощности N_0, известна $\left(L_p^0\right)$. Центры O_1, и O_2, неподвижны, центр **P** находится на шарнирно укреплённом в точке C_0 плече, тоже не подвижном. R_1, R_2, ρ_1, ρ_2 являются радиусами качения а их окружная скорость для каждой ветви передачи равняется со скоростью клиновидного ремня. В работе представлено параметрическое уравнение геометрического места описуемого точкой **P** и определяются положения центров кривизны, соответственно оптимальное положение точки C_0.

Constructia de maşini, 40 (1988),
н. 6, 1 рис., 1 таб., 2 лит.

Revista „CONSTRUCȚIA DE MAȘINI", organ al Ministerului Industrei Construcțiilor de Mașini din Republica Socialistă România. Redacția la : Oficiul de informare documentară pentru industria construcțiilor de mașini, cu sediul în București, Calea Victoriei, 133, sector I, telefon 50.31.30 ; sau 59.71.35. Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament ICTCM, 30.16.7.01.01 B.N.—R.SR.. filiala sector IV sau prin mandat poștal la ICTCM, șos. Olteniței, nr. 105, București, sector 4, pentru revista „Construcția de mașini". Tarif : 150 lei anual. Costul unui exemplar : 12,50 lei Index D.E.P. 41023

Tiparul : Tipografia „Ploiești" str. Transilvaniei, nr. 29.

CZ :621.923.4

Cercetări experimentale privind determinarea cîmpului termic la mașinile de rectificat plan

Șef lucr. dr. ing. Marcel **POPA** — Institutul Politehnic Cluj-Napoca

Cercetările experimentale au vizat în principal determinarea cîmpului de temperatură în diferite zone ale mașinii de rectificat plan R.P.O. — 200 (varianta de bază pentru grupul de mașini R.P.O.—R.P.V.). Din studilie făcute privind structura constructivă a ei, confirmate ulterior și de măsurările experimentale, a reieșit că principalele izvoare termice sînt constituite din instalația hidraulică (în special pompa hidraulică, blocul hidraulic și bazinul de ulei), motoarele electrice și, în mai mică măsură din ghidaje și angrenaje (fig. 1). Măsurări și cercetări au fost făcute și asupra capului de rectificat. Rezultă că principalele subansambluri ale mașinii, afectate de izvoarele de căldură enumerate mai sus, sînt sania, batiul (în soluția constructivă în care îndeplinește și rolul de bazin al instalației hidraulice) și masa mașinii, respectiv montantul (prin încălzirea motorului electric al capului de rectificat și lipsa unei aerări corespunzătoare a spațiului închis, datorită plasării dulapului electric direct pe montant).

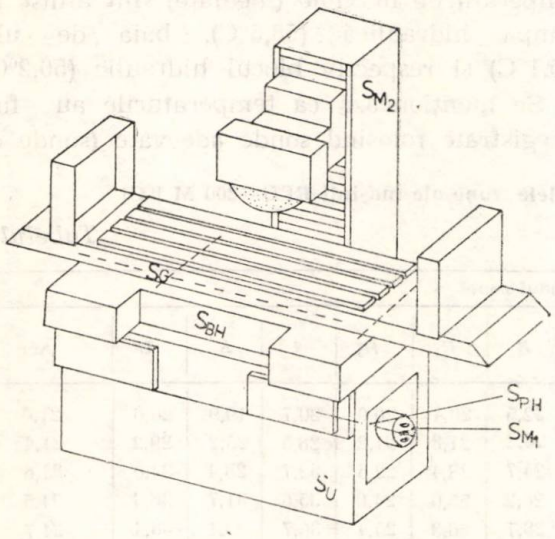


Fig. 1 Principale surse termice (S) ale mașinii de rectificat R.P.O.—200 : S_{PH} — pompa hidraulică; S_N - blocul hidraulic; S_U — ulei; S_G — ghidaje ; S_{M1} — motor electric de antrenare a pompei ; S_{M2} — motor electric de antrenare a capului de rectificat.

În strînsă corelație cu aceste fenomene, apar și principalele surse de erori în procesul de prelucrare, erori care își au cauza, în special, în nepăstrarea planeității saniei și a mesei (respectiv abateri de rectilinitate și paralelism ale ghidajelor) și în dereglarea paralelismului dintre axa broșei de rectificare și planul mesei (planul de lucru, de așchiere).

Studiul și cercetările au fost efectuate pe o mașină R.P.D.—200 M — varianta modernizată, cu instalația hidraulică în batiu (acesta consttuind și bazinul de ulei).

Metodologia aplicată a cunoscut mai multe etape :

— determinarea temperaturilor în diferite regiuni ale mașinii ;

— alegerea principalelor subansambluri influențate de cîmpul de temperatură, pe baza rezultatelor precedente ;

— determinarea cîmpurilor de temperatură în aceste subansambluri și urmărirea variației în timp a acestora ;

— compararea rezultatelor obținute pe diferite căi.

Pe baza acestor cercetări, s-a urmărit în ce mod soluțiile constructive alese contribuie, sau nu, la stabilitatea termică a mașinii R.P.O.—200.

Un aspect important în desfășurarea experiențelor îl reprezintă definirea condițiilor de lucru, pentru a identifica izvoarele de căldură și influența lor reciprocă asupra stabilității termice a mașinii-unelte. Regimul de lucru ales trebue să țină seamă de natura izvoarelor de căldură și să reliefeze sursele constante ca intensitate și pe cele variabile.

Izvorul de căldură principal (variabil) fiind instalația hidraulică, a cărui intensitate este funcție de regimul de lucru, la stabilirea regimului de experimentare se va ține seama de aceasta.

Deoarece nu există recomandări exprese, la experimentări, în vederea determinării stabilității termice pentru mașinile de rectificat, din gama vitezelor de deplasare ale mesei, s-a ales $v_p = \frac{1}{2} v_{max}$, ceea ce corespunde unor valori de 14 m/min, conform [1], mașina funcționînd în gol.

Experimentările la mers în gol oferă avantajul că fac abstracție de energia termică degajată în procesul de rectificare, putîndu-se mai ușor întrebuința aparatura de înregistrare a cîmpului termic.

Pentru înregistrarea temperaturilor, s-au făcut citiri din 15 în 15 minute. În timpul experimentărilor a fost urmărită și variația temperaturii mediului ambiant.

Marcarea zonelor de pe suprafața cărora s-au făcut citirile și înregistrările temperaturilor în diferite zile de lucru este următoarea :

Zona **A** — batiu ; zona A_1 — (frontal batiu dreapta jos sau vizorul de ulei); zona A_2 — (frontal batiu stînga jos); zona A_3 — (batiu spate). Zona C_1 — (detaliu frontal cu centrare pe sanie, respectiv regiunea blocului hidraulic); zona C_3 — (sanie dreapta). Zona **F** — (ghidaj dreapta sanie); **G** — (ghidaj stînga sanie). Zona **H** — (montant); zona H_1 — (montant interior partea inferioară); zona H_2 — (montant interior în zona capului de rectificat); zona H_3 — (plafon montant.) Zona **I** — (uleiul din rezervorul hidraulic în batiu). Zona **K** — (bloc hidraulic din sanie). Zona **L** — (carcasa pompei hidraulice).

Valorile obsevate, pe diferite zile de lucru într-un același punct, au fost mediate, iar apoi mediile valorilor temperaturilor pentru punctele măsurate (pînă la 12 puncte), pentru aceeași zonă, au stabilit media generală a zonei (STAS 6679-62). Această medie a fost înscrisă tabelar și apoi reprezentată grafic.

Folosind sondele de termistori, respectiv termocupluri, s-au făcut un număr mare de determinări experimentale, în zile cu temperaturi diferte ale mediului și în puncte diferite ale aceleiași zone a mașinii de rectificat. Primele măsurări au avut un caracter preliminar, pentru a cunoaște în ansamblu comportarea termică a mașinii și durata necesară a măsurărilor, după care s-au experimentat, observat și reținut temperaturile, înscrise în tabelul 1.

Aplicarea sesizorilor s-a făcut după îndepărtarea de pe suprafața metalică a stratului de vopsea și a chitului aferent.

Pentru o corectă prelucrare statistică, rezultatele măsurărilor au fost mediate în modul arătat mai sus.

Astfel, rezultă că instalația hidraulică se constituie ca un puternic izvor termic și în special pompa hidraulică, baia de ulei din batiu și blocul hidraulic. Se observă (tab. 1) că temperaturile maxime (mediate) sînt atinse de pompa hidraulică (58,5°C), baia de ulei (55,1°C) și respectiv blocul hidraulic (50,2°C).

Se menționează că temperaturile au fost înregistrate folosind sonde adecvate (sonde de

Valorile temperaturilor experimentale în principalele zone ale mașinii RPO—200 M [°C]

Tabelul 1

Nr. crt.	Timpul min.	Codul zonei												
		A_1	A_2	A_3	C_1	C_3	F	G	H_1	H_2	H_3	I	K	L	Aer
1.	0	19,5	19,3	19,7	19,6	19,4	19,1	19,8	22,5	20,4	20,0	20,7	19,9	20,6	21,0
2.	15	20,6	20,3	20,7	20,7	20,2	19,8	20,1	23,2	21,8	21,2	28,5	25,2	29,2	21,4
3.	30	21,7	21,2	23,5	22,4	21,6	20,5	21	24,7	23,4	22,5	32,7	28,4	34,0	21,6
4.	45	23,2	22,7	25,6	24,5	22,9	21,6	21,9	26,2	25,0	24,0	35,6	31,7	36,3	21,5
5.	60	24,6	23,8	27,4	26,0	23,8	22,6	22,8	28,1	26,3	25,4	36,7	33,1	38,4	21,7
6.	75	26,1	24,8	30,6	27,4	24,9	23,8	23,2	29,4	27,5	26,5	39,2	34,3	40,5	21,7
7.	90	27,8	25,9	31,9	29,1	26,0	24,9	24,9	30,7	28,4	27,8	41,2	36,6	42,9	22,3
8.	105	28,6	27,1	33,2	30,2	27,1	25,8	25,8	31,9	29,3	28,5	43,2	38,2	44,8	22,2
9.	120	30,1	28,4	34,8	32,5	28,2	26,8	26,9	32,8	30,5	29,5	44,1	39,8	46,0	22,4
10.	135	32,4	28,8	35,0	33,7	29,6	27,7	27,9	34,2	31,1	30,4	45,7	40,6	47,1	22,6
11.	150	33,1	29,6	35,5	34,8	31,0	28,6	29	34,8	31,9	31,2	46,2	41,9	48,2	22,7
12.	165	33,3	30,4	36,0	36,0	32,2	29,3	29,8	35,2	32,0	31,3	46,9	43,1	48,9	22,6
13.	180	34,8	31,2	36,9	37,1	33,1	29,9	30,7	36,0	33,0	32,0	47,7	43,9	49,9	22,7
14.	195	35,6	31,9	37,4	38,0	33,8	30,6	31,4	37,8	33,6	32,2	48,2	44,6	51,2	22,8
15.	210	36,2	32,5	37,8	39,2	34,7	31,3	32,2	39,4	34,0	32,4	49,1	45,2	52,4	22,9
16.	225	36,9	33,3	38,3	40,2	35,6	31,9	32,8	40,9	34,1	32,5	49,5	45,8	53,2	23,8
17.	240	37,5	34,4	38,8	41,0	36,5	32,4	33,3	41,8	34,2	32,7	50,2	46,0	54,1	22,9
18.	255	38,1	34,6	39,2	41,6	36,9	32,8	33,9	42,0	34,8	33,0	51,1	46,2	55,2	23,0
19.	270	39,2	34,8	40,1	42,1	37,4	33,3	34,5	42,4	35,2	33,8	51,9	46,8	56,3	23,1
20.	285	40,3	35,1	41,2	42,7	38,1	33,6	34,8	42,8	35,2	34,7	52,6	47,9	56,9	23,2
21.	300	40,9	36,9	42,9	43,0	38,6	35,0	36,5	43,0	35,3	34,7	53,2	49,0	57,6	23,1
22.	315	41,5	38,1	43,5	43,7	39,3	35,9	37,0	43,1	35,3	34,8	53,8	49,7	58,0	23,3
23.	330	42,0	38,2	43,7	43,8	40,0	36,2	37,2	43,2	35,5	34,9	54,2	49,9	58,1	23,2
24.	345	42,4	38,4	43,9	43,9	40,3	36,3	37,3	43,3	35,6	34,9	54,6	50,1	58,3	23,1
25.	360	43,1	38,6	44,0	44,2	40,7	36,4	37,5	43,3	35,7	35,2	54,1	50,2	58,5	23,3
26.	375	43,0	38,5	44,1	44,2	40,8	36,5	37,4	43,2	35,8	35,3	55,0	50,3	58,7	23,2
27.	390	43,1	38,6	44,0	44,2	40,7	36,4	37,5	43,3	35,7	35,2	55,1	50,2	58,5	23,2

suprafață sau sonde de lichid) și ținînd seama de condițiile de exploatare (spațiu restrîns, scurgeri de ulei, trepidații etc.).

De remarcat faptul că au existat unele zile (cînd și temperatura aerului a fost mai ridicată), în care temperaturile singulare ale celor trei zone s-au apropiat, sau chiar au depășit valoarea de 60°C (în special pompa hidraulică și baia de ulei).

Deși în media finală, valorile temperaturilor peste 60°C nu au avut o pondere hotărîtoare, faptul că mașina manifestă o instabilitate termică pronunțată arată oportunitatea unor măsuri constructive, necesare asigurării stabilității și simetriei ei termice (indiferent de varianta constructivă, în timpul funcționării temperatura uleiului nu trebuit să depășească 60°C) [4]. La aceste depășiri ale temperaturii, uleiul hidraulic joacă un rol hotărîtor, la mașinile R.P.O. (alegîndu-se soluția hidraulică pentru majoritatea comenzilor și acționărilor), acesta scăldînd regiuni întinse din mașină și contribuind astfel la instabilitate termică pe zone mari ale mașinii.

În privința blocului hidraulic (sursă de instabilitate termică a saniei), temperatura acestuia a fost măsurată în opt puncte. De dimensiuni relativ mici, blocul hidraulic prezintă, pe de o parte, încălziri puternice (unele porțiuni peste 53°C) și, pe de alta, o pronunțată neuniformitate a repartiției temperaturilor, la aceeași etapă de timp existînd diferențe de temperatură, între diferitele sale suprafețe, de 4—6°C. Avînd în vedere dificultățile ridicate de determinarea temperaturii blocului în difertele sale regiuni (zonă cu scurgeri de ulei și foarte greu accesibilă — blocul hidraulic fiind plasat în „inima" saniei), o parte din măsurări s-au efectuat cu masa demontată și acționîndu-se manual inversarea saniei.

Figura 2 prezintă valorile temperaturilor măsurate în zona K (blocul hidraulic).

Din cercetările efectuate asupra batiului (el constituind și baia de ulei), se constată diferențe de temperatură între diferitele sale zone (la stabilizare A_1 : 43,1°C; A_2 : 38,6°C; A_3 : 44,0°C fig. 3). De asemenea, se constată o variație a temperaturii și pe înălțimea pereților batiului, lucru explicabil prin existența, în partea inferioară, a băii de ulei (fig. 4).

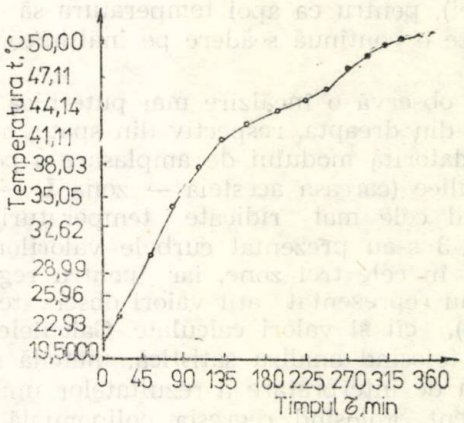


Fig. 2 Valorile temperaturilor măsurate pe blocul hidraulic.

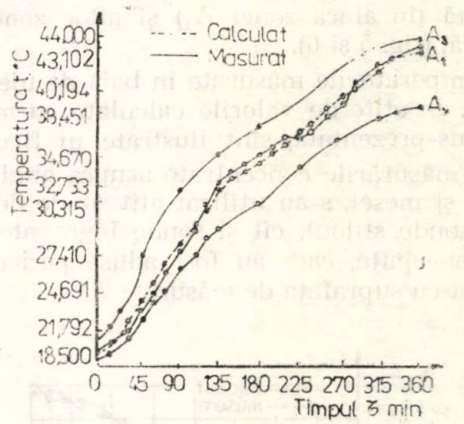


Fig. 3 Variația temperaturii în diferite zone ale batiului :
A_1 — batiu dreapta față; A_2 — batiu stînga față; A_3 — batiu spate.

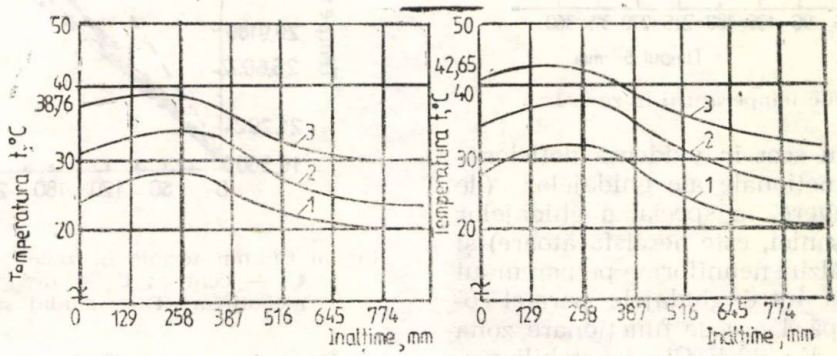


Fig. 4 Variația temeraturii pe înălțimea pereților batiului :
a — zona batiu stînga A_2; b — zona batiu dreapta A_1; 1, 2, 3 — curbele de variație corespunzăoare unui timp de 120 min.; 240 min și 360 min. de funcționare.

Temperatura maximă se atinge la înălțimea de o treime de la bază (în dreptul vizorului băii de ulei), pentru ca apoi temperatura să înregistreze o continuă scădere pe înălțimea peretelui.

Se observă o încălzire mai puternică a regiunii din dreapta, respectiv din spate, a batiului, datorită modului de amplasare a pompei hidraulice (carcasa acesteia — zona **L** — prezentînd cele mai ridicate temperaturi). În figura 3 s-au prezentat curbele valorilor măsurate în cele trei zone, iar pentru regiunea A_1 s-au reprezentat atît valori observate (măsurate), cît și valori calculate. Calculele s-au făcut folosind analiza satistică, metodă matematică de interpretare a rezultatelor unui experiment. Folosind regresia polinomială, s-au obținut diferențe minime între valorile măsurate ale temperaturii și cele calculate cu modelul matematic dezvoltat [2]. Metoda a fost aplicată (în afara zonei A_1) și altor zone de măsură, (fig. 5 și 6).

Temperaturile măsurate în baia de ulei (din batiu), însoțite de valorile calculate cu metoda mai sus-prezentată, sînt ilustrate în figura 5.

În măsurările concentrate asupra ghidajelor saniei și mesei, s-au utilizat atît sonde de contact (sonde stilou), cît și sonde îngropate, special concepute, care au fost aduse periodic în contact cu suprafața de măsurat.

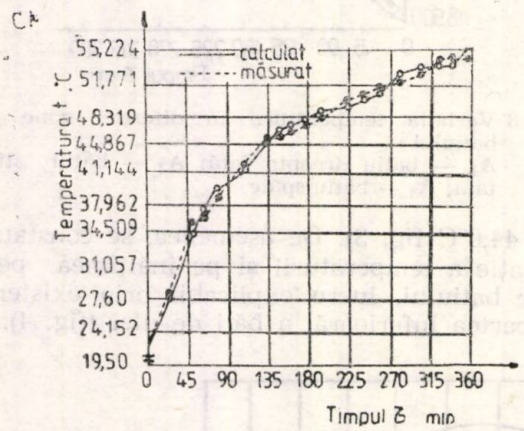


Fig. 5 Valorile temperaturii în zona **I**.

Experiențele au scos în evidență deficiențe constructive și funcționale ale ghidajelor (de ex., soluția de ungere, în special a ghidajelor de alunecare ale saniei, este nesaisfăcătoare) și existența unei încălziri neuniforme pe parcursul aceluiași ghidaj și între ghidajele paralel-corespunzătoare (după 4 ore de funcționare zona G : 33,33°C, zona F : 32,45°C; la stabilizare, zona G : 37,5°C; zona F : 36,4°C).

Măsurări efectuate în hala de montaj, în timpul funcționării și după montări-demontări sucesive-periodice ale mesei, au arătat diferențe de încălzire și între ghidajele de rostogolire ale acesteia (la stabilizare ghidaj masă față 34,5°C și ghidaj masă spate 36,2°C). Rezultă că încălzirea uniformă și comportarea termică asimetrică a saniei influențează și alte subansambluri ale mașinii. Indiferent de varianta constructivă (lungimea ghidaje-contraghidaje masă, cunoscînd mai multe modificări), chiar variații de 1°—2°C pe lungimea aceluiași ghidaj sau între cele două ghidaje, ținînd seama de lungimea acestora, duc la modificări de la traiectoria corectă a mesei. Analizînd ca izvor termic cilindrul hidraulic al mesei, care prezintă la rîndul lui diferențe de temperatură între diversele sale regiuni la aceeași etapă de timp (între 37°C și 43°C), trebuie arătat că soluția constructivă de așezare a acestuia (permițînd și o aerare corespunzătoare a mesei) diminuează influența sa termică.

Măsurările efectuate au scos în evidență și interdependența strînsă între comportarea termică a unor regiuni și subansambluri învecinate și puternica influență negativă a unor izvoare de căldură asupra nesimetriei și instabilității termice a unor zone și subansambluri mai mari ale structurii. Astfel, analizînd comportarea termică a saniei, influențată de prezența în structură a izvorului termic (bloc hidraulic), se observă o asimetrie între regiunile C_1 și C_3. Valorile mai mari ale temperaturii în zona C_1 se explică prin plasarea centrală a blocului hidraulic, a cărui influență termică descrește spre regiunile laterale ale saniei (C_3).

Figura 6 prezintă variația temperaturilor, determinată experimental, în zonele C_1 și C_3, G și F, iar pentru zona G_3 s-au trasat și valorile calculate.

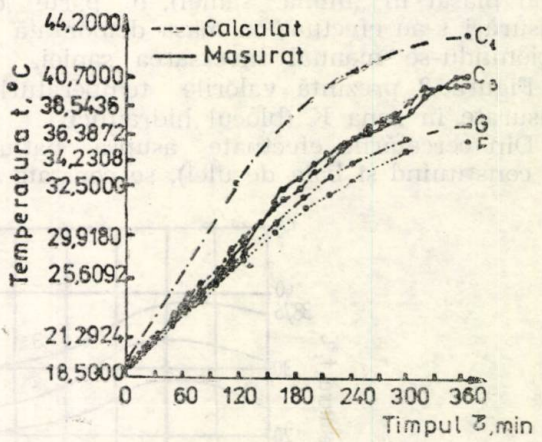


Fig. 6 Cîmpul termic în zone diferite ale saniei : C_1 — centru ; C_3 — dreapta ; **G** — ghidaj sanie stînga ; **F** — ghidaj sanie dreapta.

Împiedicarea aerării montantului, incinta fiind închisă prin plasarea pe peretele din spate a dulapului electrice, duce la imposibilitatea răcirii corespunzătoare a motorului de acționare a capului de rectificat (2,2 kW/2800 rot/min).

Creșterea puterii motorului mașinilor R.P.O. —320 la 5,5 kW/6,5 kW și 1500/3000 rot/min (în paralel cu creșterea lățimii pietrei de rectificat de la $B = 30$ mm la R.P.O. — 200, la $B = 50$ mm la R.P.O. — 320) sporește influența acestui izvor termic, plasat în montant. Mai multe sonde de măsură au fost concentrate în cîteva zone ale acestuia, mediindu-se

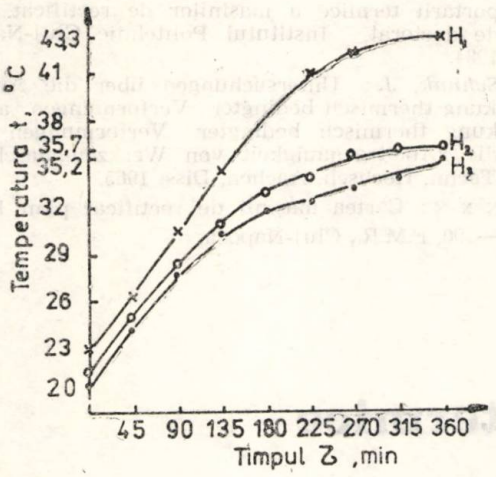


Fig. 7 Variația cîmpului termic în zonele $\mathbf{H}_1$, $\mathbf{H}_2$ și $\mathbf{H}_3$ ale montantului.

apoi valorile înregistrate pe zonă. S-a determinat variația cîmpului termic în zonele $\mathbf{H}_1$ (interior montant în partea inferioară), $\mathbf{H}_2$ (montant interior în zona capului de rectificat) și $\mathbf{H}_3$ (montant partea superioară-plafon, fig. 7).

Se observă o încălzire mai pronunțată a zonei inferioare $\mathbf{H}_1$. Plasată constructiv deasupra zonei spate a batiului, zona $\mathbf{H}_1$ beneficiază de aportul termic prin conducție al acestei zone, respectiv al căldurii degajate în angrenajele și lagărele aflate în partea mediană-spate a batiului, cît și de căldura propagată prin convecție de la baia de ulei. Înălțimea relativ mare a montantului (1050 mm), face ca încălzirea zonei $\mathbf{H}_3$ să se datoreze, practic, doar căldurii provenite de la motorul electric de acționare a capului de rectificat și, în mică măsură, căldurii provenite prin conducție din partea inferioară $\mathbf{H}_1$. Rezultă o asimetrie termică pronunțată între zonele extreme $\mathbf{H}_1$ și $\mathbf{H}_3$ (diferențe de temperatură de 41,8—32,7 = = 9,1°C, după patru ore de funcționare, și de 43,3—35,2 = 8,1°C la stabilizare), ceea ce justifică necesitatea unor modificări constructive și în primul rînd asigurarea unei răciri corespunzătoare printr-o aerare judicioasă a montantului. Se cunoaște că una din posibilele surse de erori, la o mașină de rectificat plan, este pierderea paralelismului dintre axa capului de rectificat și suprafața de lucru (planul mesei).

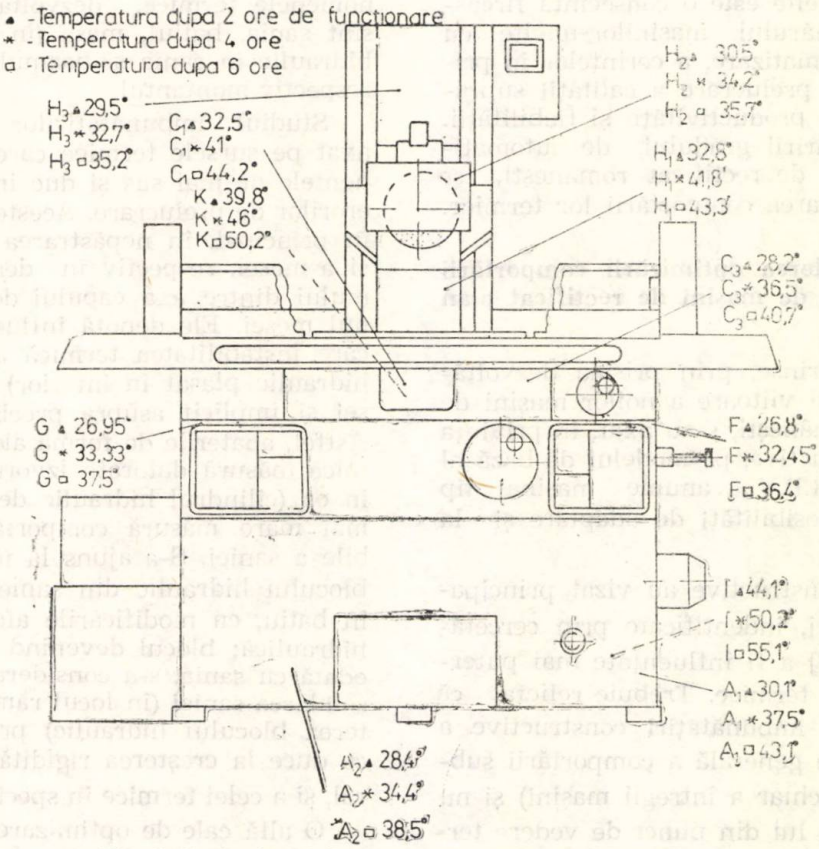


Fig. 8 Harta termică a mașinii de rectificat plan R.P.O.—200 M.

Din analiza curbelor de mai sus, se observă că o creștere bruscă de temperatură se înregistrează în primele 60—120 minute, în zonele cele mai fierbinți ale mașinii (zonele **L, I, K**) atingînd variații de pînă la 25,4°C, după 120 min în zona **L** (după primele 60 de minute saltul de temperatură variind între 13,2°C în zona **K** și 17,8°C în zona **L**).

De asemenea, rezultă (tab. 1) că timpul de stabilizare τ_s a fost atins după 5—5,5 h, valoarea acestuia fiind adoptată în momentul cînd este satisfăcută relația $t - t_0 = 0{,}95\ (t^s - t_0)$ [3], în care t reprezintă valoarea temporală a temperaturii corpului, t_0 — temperatura la începutul procesului de încălzire, iar t_s — temperatua de stabilizare. După prevederile STAS-ului 1670-80, care sînt mai severe, timpul de stabilizare se consideră atins după 5,5—6 h.

O imagine a comportării termice a mașinii în timp, pînă la stabilizare, în zonele cele mai importante, se prezintă în figura 8, sub forma unei „hărți termice".

BIBLIOGRAFIE

[1] *Picos, C.*: Tehnologia construcției de mașini. București, E.D.P., 1974.

[2] *Popa, M.*: Cercetări privind optimizazrea comportării termice a mașinilor de rectificat. Teză de doctorat, Institutul Politehnic Cluj-Napoca, 1984.

[3] *Schunk, J.*: Untersuchungen über die Auswirkung thermisch bedingter Verformungen auf kung thermisch bedingter Verformungen auf die rAbeitsgenauigkeit von Werkzeugmaschinen. Techn. Hochsch. Aachen, Diss. 1965.

[4] x x x: Cartea mașinii de rectificat plan R.P.O. —200, F.M.R., Cluj-Napoca.

CZ : 621.923.4

Optimizarea comportării termice a mașinilor de rectificat

Șef lucr. dr. ing. Marcel **POPA** — Institutul Politehnic Cluj-Napoca

Dezvoltarea unor cercetări privind comportarea mașinilor-unelte este o consecință firească a creșterii numărului mașinilor-unelte cu grad înalt de automatizare, a cerințelor în privința preciziei de prelucrare a calității suprafețelor generate, a productivității și fiabilității. În perspectiva măririi gradului de automatizare al mașinilor de rectificat românești, se impune și optimizarea comportării lor termice.

Opțiuni în vederea optimizării comportării termice a familiei de mașini de rectificat plan R.P.O.—R.P.V.

Studiile intreprinse, prin prisma dezvoltării și automatizării viitoare a noilor mașini de rectificat plan românești, s-au axat, în privința optimizării constructive, pe modelul de bază al familiei R.P.O.—R.P.V., anume mașina tip R.P.O.—200, cu posibilități de adaptare și la alte mașini.

Modificările constructive au vizat principalele subansambluri, indentificate prin cercetările întreprinse [2] a fi influențate mai puternic de solicitările termice. Trebuie reliefat că realizarea acestor îmbunătățiri constructive a îmbrăcat o vedere generală a comportării subansamblului (sau chiar a întregii mașini) și nu numai stabilitatea lui din punct de vedere termic.

Principalele subansambluri afectate de fenomenele termice, dezvoltate în exploatare, sînt sania, batiul, masa (în soluția cu blocul hidraulic în sanie și bazinul de ulei în batiu). respectiv montantul.

Studiul îmbunătățirilor constructive s-a axat pe sursele termice care afectează componentele de mai sus și duc implicit la apariția erorilor de prelucrare. Aceste erori își au cauza, în principal, în nepăstrarea planeității saniei și a mesei, respectiv în dereglarea paralelismului dintre axa capului de rectificat și planul mesei. Ele denotă influența puternică pe care instabilitatea termică a saniei (cu blocul hidraulic plasat în interior) o are asupra mesei și implicit asupra preciziei de prelucrare. Astfel, abaterile de formă ale mesei sînt în mai mică măsură datorate izvorului termic plasat în ea (cilindrul hidraulic de acționare) și în mai mare măsură comportării termice instabile a saniei. S-a ajuns la necesitatea scoaterii blocului hidraulic din sanie și la plasarea lui în batiu, cu modificările aferente în instalația hidraulică; blocul devenind fix și nu mobil odată cu sania, s-a considerat oportună și consolidarea saniei (în locul rămas liber prin scoaterea blocului hidraulic) prin nervurare, ceea ce duce la creșterea rigidității saniei, în general, și a celei termice în special.

O altă cale de optimizare sub aspect termic a comportării instalației hidraulice (mai ales

la mașinile cu puterea instalată mai mare din familia R.P.O.—R.P.V.) se consideră a fi înlăturarea creșterii temperaturii (în soluția clasică), prin folosirea unei pompe cu debit variabil (în locul celei cu debit constant). Această soluție se justifică la mașinile de rectificat de precizie ridicată.

Optimizarea trebuie privită și sub aspectul sporirii capacității bazinului hidraulic, o cantitate mai mare de ulei, ducînd la o recirculare mai lentă a acestuia, respectiv la posibilități de răcire mai eficientă a agentului hidraulic. Această opțiune poate fi atinsă fără modificarea batiului, prin realizarea unui bazin de ulei mixt interior-exterior, adică adăugarea unui rezervor hidraulic separat. Circulația uleiului între rezervorul din batiu și rezervorul suplimentar din exterior ar duce și la o mai eficientă răcire a lui (fig. 1) [6]. Plasarea bazinului

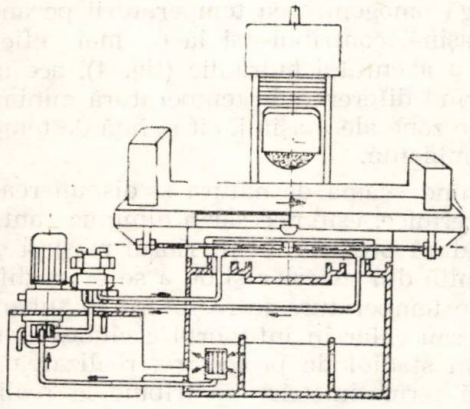


Fig. 1 Soluție cu bazin hidraulic mixt interior-exterior.

de ulei în batiu, sau scoaterea acestuia ca bazin (și panou hidraulic) separat, trebuie apreciată și prin prismă economică, soluția cu bazin separat, în afara mașinii, fiind superioară sub aspectul comportării termice, dar mai costisitoare.

Pe lîngă dezavantajele din punct de vedere termic, amplasarea întregului sistem de acționare hidrostatică (inclusiv bazinul de ulei în batiu) în interiorul mașinii prezintă dezavantaje și din punct de vedere al comportării dinamice (transmiterea vibrațiilor grupului hidraulic — mașinii), astfel că soluția este admisă doar în cazul unor pompe cu pulsații mici de debit și al motoarelor electrice cu mers liniștit. La majoritatea mașinilor de rectificat, este preferată amplasarea într-o unitate separată a grupului hidraulic (motorul electric de acționare, pompa, bazinul de ulei, sorbul, supapele de contrapresiune și siguranță-deversare). Indiferent de varianta constructivă adoptată, motorul hidraulic, aparatura de reglare a vitezelor de deplasare și cea de distribuție sînt în interiorul mașinii.

În cazul realizării unor mașini precise și foarte precise (mașina R.P.O.—200 S.A. specială autoturisme), soluția cu bazin hidraulic separat este de preferat.

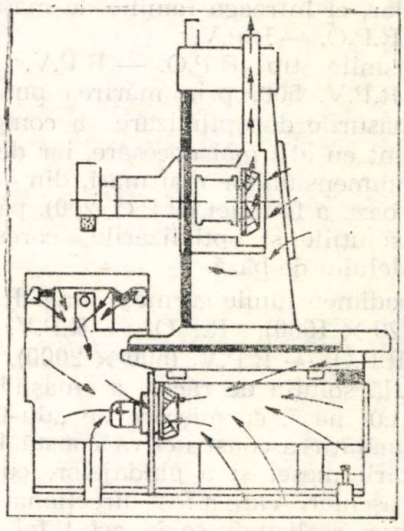


Fig. 2 Soluție de ventilare a unei mașini de rectificat plan.

Pe lîngă analiza influenței izvoarelor termice, reprezentate de instalația hidraulică (pompă, bloc hidraulic, bazin de ulei, cilindri de acționare), este necesară analiza influenței motoarelor electrice, ca surse de căldură.

Realizarea unei ventilări interne, prin asigurarea unei circulații corespunzătoare (intrare-ieșire) a aerului, cît și a alimentării cu aer proaspăt (jaluzare corectă a pereților exteriori), se impune, atît pentru motorul de acționare a pompei hidraulice, cît și pentru cel de acționare a capului de rectificat, așa cum rezultă din figura 2 [6].

În interiorul montantului există o sursă termică importantă, deoarece posibiltatea ventilării incintei (prin jaluzare) a fost eliminată, prin plasarea dulapului electric direct pe montant, motorul de antrenare a capului de rectificat, de gabarit relativ mare (în special la R.P.O. 320), neavînd posibilități de răcire corespunzătoare. De aceea este necesară aerarea, respectiv, menținerea unui curent de aer dirijat în interiorul montantului (fig. 2). Ventilarea corespunzătoare se poate realiza prin practicarea unor fante sau orificii în plafonul montantului, între nervuri, fără a afecta astfel rezistența sau rigiditatea acestuia și fără a implica modificări majore ale pieselor turnate, la familia mașinilor de rectificat R.P.O. și R.P.V. Realizarea ventilării interiorului montantului duce la stabilizarea unei temperaturi corespunzătoare a pereților acestuia, pereți influențați și de încălzirea batiului, a băii de ulei, respectiv a motorului electric.

Datorită analogiilor constructiv-geometrico-funcționale și dezvoltării modulare a familiei de mașini de rectificat plan R.P.O. — R.P.V., din modelul de bază — R.P.O. 200 M, optimizările constructive pentru tipul 200 M nu vizează un caz singular, ci întreaga familie de mașini de rectificat R.P.O. — R.P.V.

La mașinile tip R.P.O. — R.P.V. 320 și R.P.O. — R.P.V. 500, prin mărirea puterii instalate, măsurile de optimizare a comportării termice sînt cu atît mai necesare, iar dezvoltatarea tipodimensiunilor mai mari, din componenta de bază a familiei (R.P.O. 200), păstrează valabile soluțiile și optimizările corespunzătoare modelului de bază.

La tipodimensiunile cu mese lungi R.P.O. — R.P.V. (320 × 1600), R.P.O. — R.P.V. (320 × 2000) și R.P.O. — R.P.V. (500 × 2000), se consideră utilă soluția de răcire a mașinilor de rectficat cu masă, cu mișcare de „du-te-vino" [4]. Îmbunătățirea constructivă constă în realizarea răcirii mesei și a ghidajelor, cu același lichid de așchiere, care a fost direcționat în zona de așchiere, realizîndu-se în acest fel o egalizare și o constanță a temperaturilor piesei, sculei, mesei și ghidajelor. Precizia de prelucrare a unei mașini, dotate cu o astfel de instalație, poate crește, dacă temperatura lichidului de răcire (așchiere) este menținută la 4—6°C, peste temperatura ambiantă. Reglarea temperaturii

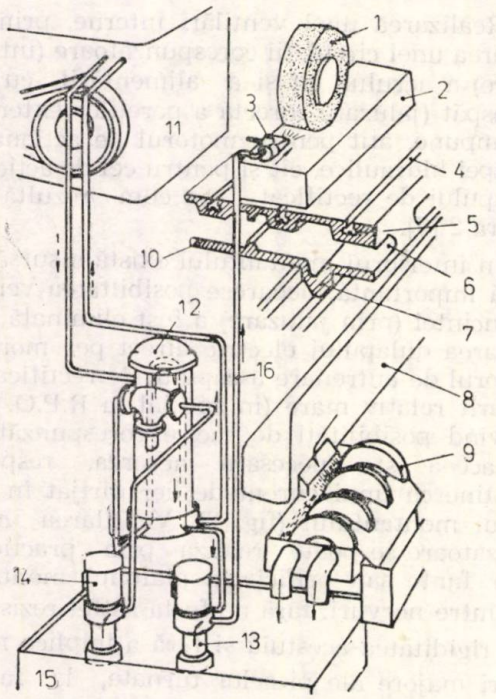


Fig. 3 Schema instalației de răcire: 1 — corp abraziv; 2 — piesă; 3 — duză; 4 — canal T; 5 — orificiu în canalul T; 6 — orificiu longitudinal; 7 — ghidaj; 8 — canal colector; 9 — filtru; 10 — masa mașinii; 11 — rezervorul instalației hidraulice; 12 — schimbător de căldură; 13 — pompa a; 14 — pompa b; 15 — rezervor; 16 — țeavă.

lichidului se poate realiza prin intermediul unui termostat și a unui schimbător de căldură (fig. 3). În scopul realizării egalizării temperaturii piesei și a mașinii, lichidul de răcire preia căldura necesară termoreglării din circuitul hidraulic al mașinii. Pe lîngă creșterea preciziei, se obține și o economie de energie, ce ar putea fi folosită pentru răcire, respectiv, încălzire, în procesul de termoreglare.

Unele firme producătoare de mașini de rectificat adoptă soluția separării rezervoarelor pentru uleiul hidraulic de acționare și cel de ungere [10] ș.a.

Realizarea unor raporturi constante între temperatura uleiului și cea ambiantă este o condiție necesară pentru menținerea calității prelucrării. O soluție mai puțin costisitoare [6] decît instalațiile de termostatare o constituie realizarea unor rezervoare de ulei suplimentare, la diverse înălțimi pe mașină, soluție care, pe lîngă omogenizarea temperaturii pe ansamblu-mașină, contribuie și la o mai eficientă răcire a agentului hidraulic (fig. 4), acesta înregistrînd diferențe de temperatură minime, în diferite zone ale mașinii, cît și față de temperatura ambiantă.

Ținînd seama de natura și dispunerea surselor termice, este necesar a diminua cantitatea de căldură produsă în interiorul mașinii și cea provenită din exterior și de a se evita diferențele de temperatură între diferitele subansambluri, sau chiar în interiorul aceluiași element. Încă în stadiul de proiectare, realizarea unei mașini termosimetrice contribuie la realizarea unei comportări termice stabile (prin termosimetrie înțelegîndu-se un echilibru de elemente geometrice, încărcate, în măsura posibilă, cu o distribuție uniformă de temperatură — fig. 4).

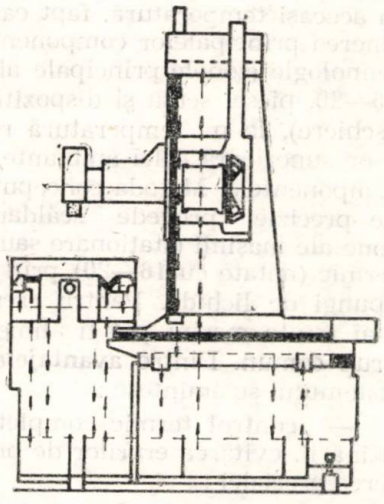
Cele mai multe întreprinderi constructoare de mașini de rectificat [6, 7, 8] acordă o importanță sporită acestei concepții, pe care o asociază cu noțiunea de stabilitate termică a ansamblului mașinii-unelte, precizia de prelucrare fiind astfel realizată și menținută pe toată durata zilei de lucru. Aceste opțiuni depind, în mare măsură, de concepția structurii sistemului și de poziția grupului hidraulic.

În privința uleiului de ungere pentru lagăre și angrenaje, se recomandă o vîscozitate mică, dar o grosime suficientă a peliculei, pentru diminuarea frecărilor.

Valorile temperaturilor și deci erorile se pot menține scăzute, dacă suprafețele prin care se cedează căldura sînt mari. Aceasta se realizează, pe de o parte, prin grosimi mici ale pereților (perete vertical încălzit la bază), rigiditatea crescînd prin nervurare, iar, pe de alta, prin creșterea suprafeței pereților. O încălzire redusă se poate obține și prin îmbunătățirea condițiilor de transmitere a căldurii între organele mașinii.

Important este, de asemenea, ca în lanțul de dimensiuni generator de abateri (erori ale piesei), să intre cît mai puține elemente constructive ale sistemului tehnologic și să fie astfel dispuse, încît eventualele deformații să nu se însumeze, ci să aibă un efect compensator.

Cu succes se pot utiliza dispozitive de compensare, folosind bare care prin dilatare proprie acționează compensator, în sens contrar dilatării organului de mașină, reducînd astfel



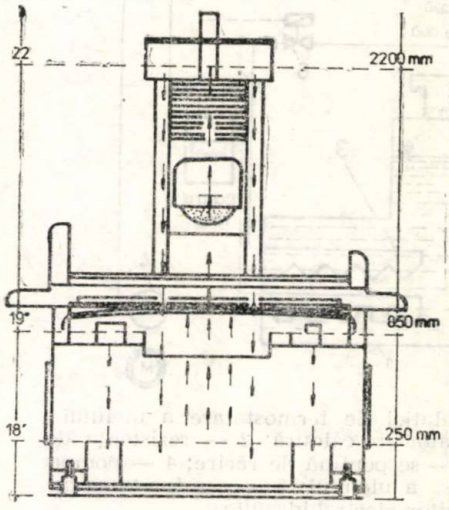


Fig. 4 Soluție de optimizare a răcirii și recirculării uleiului în ansamblul mașinii de rectificat.

abaterea, de la locul așchierii. Același efect se poate obține utilizînd materiale cu coeficient ß de dilatare redus, ca de exemplu un aliaj Fe—Ni (36% Ni) avînd ß = 1,2 μm/m K față de oțel, cu valoarea coeficientului ß = 1,2 μm/m K față de oțel, cu valoarea coeficientului ß de 11 μm/m K [116]. Aceste aliaje se folosesc la legăturile dintre organele de mașină, a căror distanță relativă determină precizia de prelucrare.

În concluzie, pentru bună comportare termică a mașinii-unelte, trebuie — în primul rînd — diminuate încălzirile din interior și atingerea stadiului de regim termic staționar, într-un timp cît mai scurt, în paralel cu o distribuție cît mai uniformă a cîmpului de temperatură, în întreg sistemul tehnologic.

La uniformitatea acestui cîmp contribuie și modul în care se realizează răcirea zonei de așchiere (piesă-sculă-dispozitiv, componente ale sistemului tehnologic) și modul de realizare constructivă a sistemului de răcire. Asigurarea unei presiuni și a unui debit corespunzătoare ale lichidului de așchiere, folosirea unor filtre adecvate, capacitatea suficientă a rezervorului și asigurarea unui schimb eficient de căldură cu exteriorul, precum și protecția termică a motorului pompei sînt cîteva din calitățile necesare sistemului de vehiculare a lichidului de așchiere.

De o deosebită importanță pentru eficacitatea răcirii, este modul de conducere a lichidului în zona de așchiere (fig. 5), acesta trebuie să atingă punctul de contact dintre piesă și discul abraziv.

Eficacitatea răcirii se poate îmbunătăți prin folosirea unor deflectoare, după profilul piesei.

Lichidul de așchiere trebuie să îndeplinească un rol complex, pe lîngă acela de răcire și de curățire a discului abraziv, mărind calitatea prelucrării și durata de folosire a discului (cu pînă la 30%). Pe lîngă duza obișnuită, orientată spre locul de contact piesă-disc, asupra acestuia din urmă, prin alte duze, este orientat

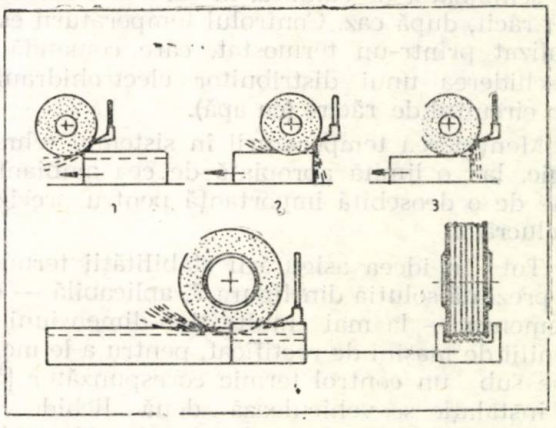


Fig. 5 Diferite moduri de răcire a piesei: 1 — răcire corectă; 2 — răcire insuficientă; 3 — răcire ineficace; 4 — folosirea unei palete deflectoare pentru agentul de răcire.

lichid, la o presiune superioară (15—20 bar, față de 6 bar la locul așchierii) și cu un debit de circa 100 l/min, la o înălțime a profilului de 100 mm [6]. Acest jet are un rol de curățire a discului abraziv, acțiune favorizată și de folosirea unor duze adaptate profilului discului abraziv, la rectificarea profilată.

Căi de realizare a optimizării comportării termice a altor tipuri de mașini de rectificat

O măsură de optimizare termică aplicabilă la o serie de mașini de rectificat, și care devine necesară odată cu creșterea preciziei și a volumului de acționări hidraulice (mașini speciale, mașini de rectificat dantura, de rectificat filete etc.), este termostatarea uleiului, figura 6 cu-

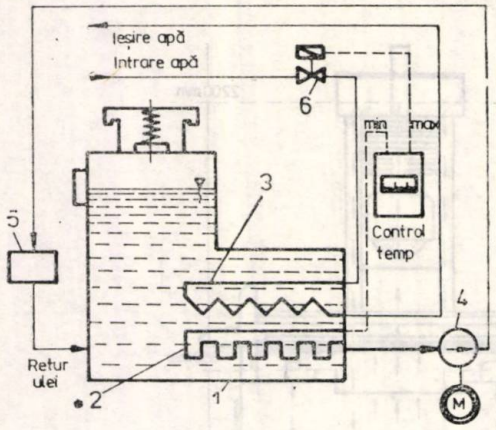


Fig. 6 Schema insalației de termostatare a uleiului : 1 — schimbător de căldură; 2 — rezistența de încălzire; 3 — serpentină de răcire; 4 — pompa de circulație a uleiului; 5 — mașina-unealtă; 6 — distribuitor electrohidraulic.

prinzînd schema unei astfel de instalații [9]. Uleiul, care contribuie la menținerea unei temperaturi constante în mașina de rectificat, circulă (datorită unei pompe acționate de un motor electric) într-un echipament ce cuprinde și un schimbător de căldură, în care este încălzit, sau răcit, după caz. Controlul temperaturii este realizat printr-un termostat, care comandă și deschiderea unui distribuitor electrohidraulic din circuitul de răcire (cu apă).

Menținerea temperaturii în sistemul tehnologic, la o limită apropiată de cea ambiantă. este de o deosebită importanță pentru precizia prelucrării.

Tot în ideea asigurării stabilității termice se prezintă soluția din figura 7, aplicabilă — de asemenea — la mai multe tipo-dimensiuni și familii de mașini de rectificat, pentru a le menține sub un control termic corespunzător [5]. În instalație se vehiculează două lichide în circuite independente : cel de răcire (de așchiere) și agentul termic, care trec prin schimbătorul de suprafață **11.** Agentul termic antrenat de pompa **13** trece prin supapele de reglare **14**, scaldă regiuni ale mașinii de rectificat (notate cu 16—20), apoi, prin indicatorul de temperatură **15,** intră în schimbătorul de căldură, **11** în compartimentul său **10,** părăsindu-l prin indicatorul diferențial de temperatură, **2.** Prin același indicator, iese din schimbător lichidul de răcire antrenat de pompa **7** și, trecînd prin supapa 8 și duzele **3,** ajunge la zona de așchiere. Lichidul colectat de cuva **5** prin filtrul **6** ajunge în zona **1** a schimbătorului, unde prin suprafețele **11** se realizează transferul de căldură între cele două fluide. Dacă, la ieșirea din schimbător, indicatorul **2** arată pentru agentul termic o temperatură mai mică decît cea prescrisă, dispozitivul de control **12** comandă prin întrerupătorul **23** pornirea elementului de încălzire **22** a agentului termic. Astfel, la ieșirea din schimbătorul **11,** cele două lichide se găsesc sensibil la aceeași temperatură, fapt care permite menținerea principalelor componente ale sistemului tehnologic (zonele principale ale mașinii-unelte **16—20,** piesa, scula și dispozitivul din zona de așchiere), la o temperatură relativ constantă, ușor superioară celei ambiante, și egală în toate componentele. Metoda concepută pentru mașini de precizie prevede scăldarea principalelor zone ale mașinii (staționare sau mobile) afectate termic (notate cu **16—20**), prin intermediul unor „pungi de lichid". Pentru creșterea eficienței, mai multe mașini pot fi alimentate de la un grup comun. Dintre **avantajele** principale ale sistemului se amintesc :

— „control termic complet" pe parcursul uzinării, evitarea erorilor de prelucrare și creșterea preciziei ;

— controlul pieselor mari devine posibil pe parcursul prelucrării (fără a mai aștepta răcirea lor);

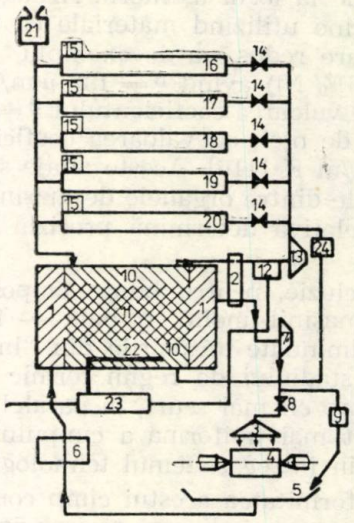


Fig. 7 Schema instalației de control termic a unei mașini de rectificat : 1 — spațiu pentru lichidul de răcire; 2 — indicator de diferență de temperatură 3 — duze; 4 — piesa prelucrată; 5 — cuvă; 6 — filtru; 7 — pompă; 8 — supapă de reglare; 9 — supapă de siguranță; 10 — spațiu pentru agentul termic; 11 — schimbătorul de căldură; 12 — dispozitiv de control termic; 13 — pompă; 14 — supapă de reglare; 15 — indicator de temperatură; 16—20 — zone ale mașinii-unelte prevăzute cu agent termic ; 21 — rezervor de prea-plin; 22 — element de încălzire; 23 — întrerupător; 24 — supapă de siguranță.

— reducerea necesarului de camere termostatate, controlul termic al sistemului tehnologic devenind mai eficient și mai rentabil decît al întregii hale.

Pentru mașinile de rectificat rotund, s-a aplicat [8, 10] separarea în exteriorul mașinii a dulapului electric și a sistemului hidraulic (de joasă presiune), sau ca unitate separată introdusă în batiu în vederea „minimizării căldurii generate care afectează stabilitatea mașinii". Se preferă antrenarea păpușii port-piatră și port-piesă cu motoare separate, scoase în exterior, de asemenea, separarea uleiului hidraulic de acționare de cel de ungere. O condiție de bază pentru obținerea preciziei o constituie funcționarea capului de rectificat la o temperatură joasă, cu o rigiditate corespunzătoare (axială și radială), condiții realizate și prin alegerea îngrijită a materialului lagărelor (bronz special), o prelucrare corespunzătoare a cuplului lagăr-ax și o ungere corectă.

Tot pentru mașinile de rectificat rotund, se folosește, ca soluție, răcirea (pînă la 18°C) a uleiului de ungere din lagăre [3], încălzirea lagărelor scăzînd cu 50% și diminuîndu-se corespunzător și erorile. Pentru cazurile cînd diminuarea încălzirii locale a unor zone nu poate fi rezolvată prin recircularea uleiului de ungere, respectiv hidraulic, se recurge la răcirea izolată a acestor elemente. Astfel, la o mașină de rectificat rotund exterior, dacă păpușa fixă este răcită cu apă la suprafață, încălzirea ei a fost diminuată cu circa 40%, în paralel cu atingerea mai rapidă a temperaturii de regim (s-a scos din batiu și agregatul și rezervorul hidraulic) [3]. Scăldarea pereților structurii prin canale, sau pe fețele laterale, se poate rezolva cu instalația de control termic, figura 7.

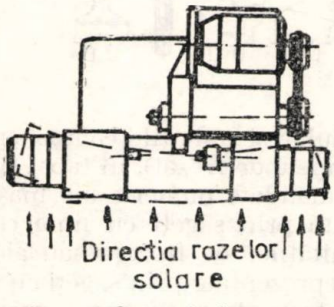


Fig. 8 Influența surselor exterioare asupra stabilității termice a mașinii.

Influența surselor exterioare că căldură asupra stabilității termice a mașinii este evidențiată în figura 8, care prezintă încălzirea batiului sub acțiunea razelor solare, săgeata de încovoiere depinzînd de durata și intensitatea radiației [1]. Figura 9 arată devierea unghiulară a axului discului abraziv, explicată prin neuniformitatea cîmpului de temperatură creat prin răcirea unor porțiuni ale carcasei capului, datorită aerului refulat de ventilatorul motorului electric.

O grupare a măsurilor de **optimizare a comportării termice a unei mașini-unelte** se poate face în următoarele categorii :

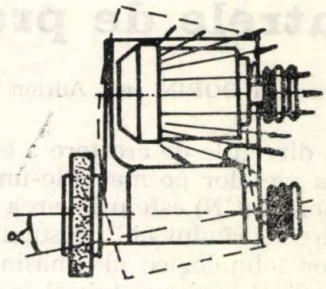


Fig. 9 Influența și direcția curenților de aer asupra comportării termice a capului de rectificat.

a) repartizarea uniformă (eglizarea) în întreaga mașină a creșterilor inevitabile de temperatură, prin realizarea unei distribuții corespunzătoare a surselor termice în subansambluri ;

b) diminuarea cantității de energie ce se transformă în căldură, adică a intensității surselor termice;

c) asigurarea condițiilor de transfer al căldurii, intensificarea schimbului de căldură cu exteriorul, prin mărirea suprafețelor de schimb și prin creșterea valorii coeficientului termic convectiv;

d) răcirea supafețelor mașinii și utilizarea instalațiilor de termostatare a uleiului;

e) asigurarea condițiilor de climatizare a halei;

f) diminuarea erorilor prin sisteme de compensare.

Cu cît aceste măsuri sînt luate la începutul lanțului proiectare-realizare prototip-producție de serie. cu atît ele devin mai eficiente.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Ghelfeld, O.M.:* Influența căldurii degajate la mașina de rectificat rotund asupra preciziei de prelucrare. În : Mașini-unelte și scule. Nr. 2/1962, p. 81.

[2] *Popa, M.:* Cercetări privind optimizarea comportării termice a mașinilor de rectificat. Teză de doctorat, Institutul Politehnic Cluj-Napoca, 1984, și „Construcția de mașini", 6/1988.

[3] *Schunk, J.:* Untersuchungen über die Auswirkung thermisch bedingter Verformungen auf die Arbeitsgenauigkeit von Werkzzeugmaschinen. Techn. Hochscule, Aachen, Diss. 1965.

[4] *Waldrich, A.* : Verfahren und Einrichtung zur Kühlung von Schleifmaschinen mit rasch hin — und herbewegten Werkstücktisch. Patent, 1477935, R.F.G., 1969.

[5] *Zawistowski, F.:* Temperaturgeregelte Werkzeugmaschinen. In : Microtecnic, Lausanne, Vol. XIX (1965), 6, p. 336—340.

[6] x x x : Catalogul firmei ELB. Elb Schliff Babenhausen, R.F.G., 1980.

[7] x x x : Prospecte ale firmei BLOHM — Hamburg, Bergedorf, R.F.G., 1980.

[8] x x x : Prospecte ale firmei JONES—SCHIPMAN Ltd., Leicester, Anglia, 1981.

[9] x x x : Prospecte ale firmei Churchill. England, 1980.

[10] x x x : Prospecte ale firmei Danobat (S. Coop. Maquinas, Herramienta), Guipuzcoa, Espana, 1977.

CZ : 621.941.23 : 621.954 : 621.923.4

Capete revolver utilizate la centrele de prelucrare prin așchiere

Dr. ing. Alexandru **DORIN**, ing. Adrian **NICOLESCU** — Institutul Politehnic București

Una din direcțiile de creștere a eficienței de prelucrare a pieselor pe mașinile-unelte cu comandă numerică (CN) este utilizarea tehnologiei de grup, care la rîndul ei presupune lărgirea posibilităților tehnologice ale mașinilor-unelte. Această tendință, apărută inițial la centrele de prelucrare prin găurire sau de alezare și frezare, se manifestă — de asemenea — și în cazul centrelor de prelucrare prin strunjire, care în prezent permit executarea și a operațiilor de găurire, frezare, rectificare etc.

Inițial, centrele de prelucrare prin strunjire au fost proiectate pentru prelucrarea unor serii mici de piese; ulterior s-a trecut la folosirea lor și pentru prelucrarea unor serii mijlocii și mari a unor tipuri de piese ce necesită numai operații de strunjire, sau a unor tipuri de piese ce implică realizarea pe aceleași mașini-unelte și a unor operații de frezare, rectificare, găurire.

Centrele de prelucrare prin strunjire provin din strunguri normale sau strunguri carusel cu CN, echipate cu magazin de scule, din care se face alimentarea automată cu scule în postul de lucru.

Lărgirea gamei de operații, care se pot realiza în prezent pe centrele de prelucrare prin strunjire, a fost posibilă fie prin realizarea în construcție modulară a mașinii-unelte, fie prin utilizarea unor capete revolver care să asigure antrenarea sculelor de găurire, frezare, rectificare.

De exemplu, firma INNSE a conceput și realizat o familie de centre de prelucrare prin strunjire cu 3, 4, 5 și 7 axe comandate numeric, care are la bază un strung normal (cu batiu orizontal).

În tabelul 1 sînt prezentate tipurile de centre de prelucrare prin strunjire concepute în

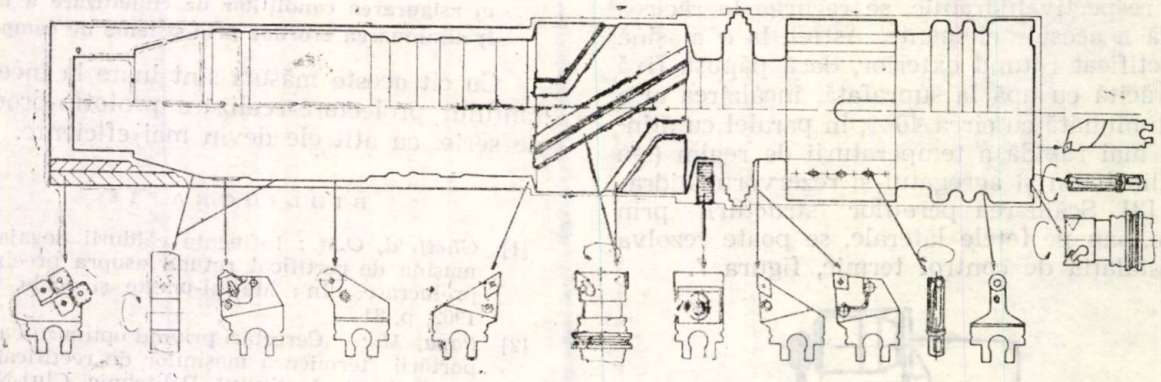


Fig. 1 *a*

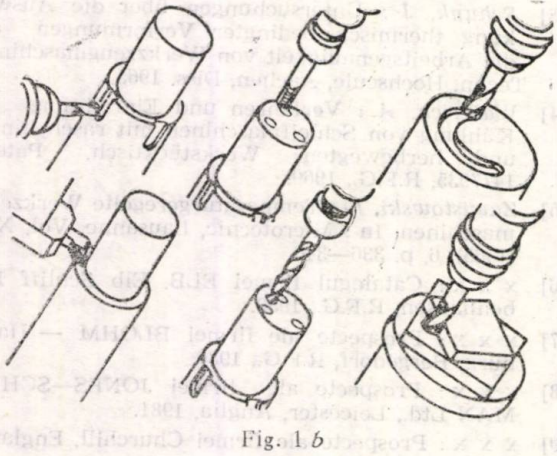


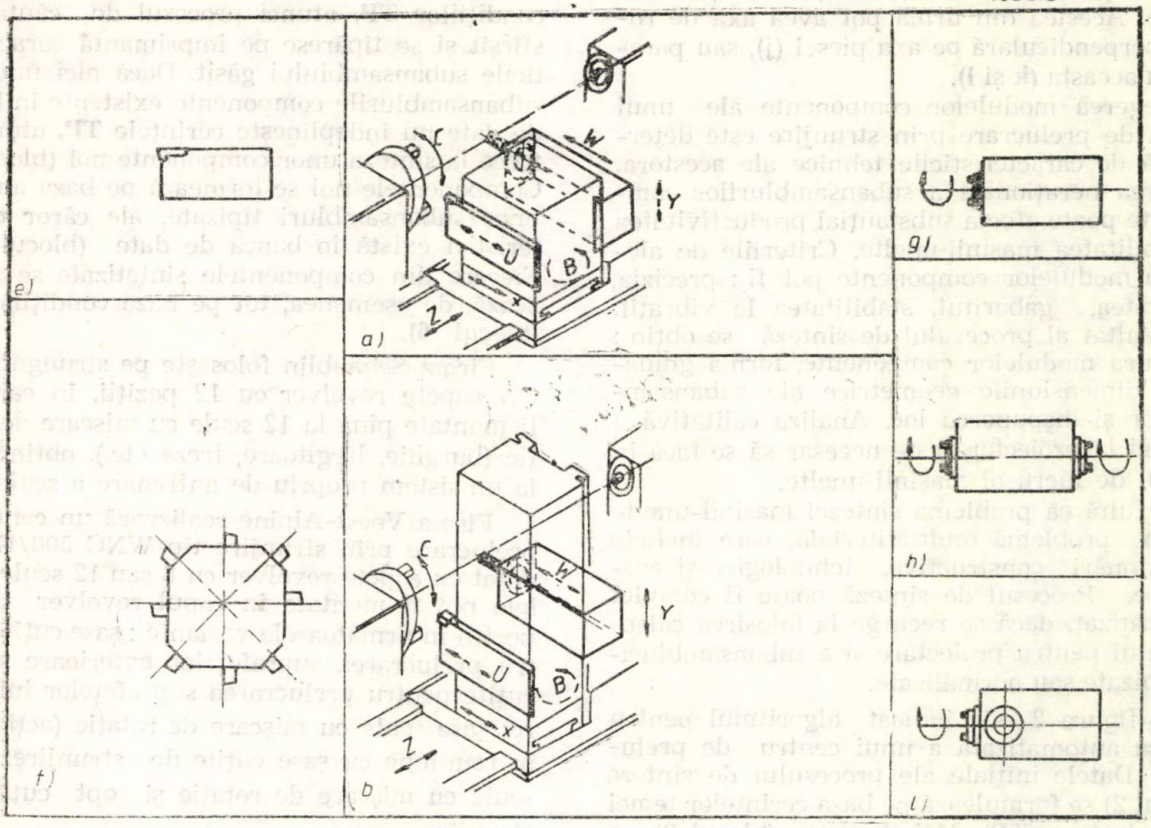
Fig. 1 *b*

În figura 1 se prezintă tipurile de operații care pot fi realizate pe centrele de prelucrare prin strunjire.

sistem modular și unitățile componente (capete revolver, capete de frezat). În tabel sînt indicate și axele comandate numeric ale mașinii-unelte (reprezentate prin săgeți cu linie continuă) și cele ale unităților de frezare sau ale capetelor revolver (reprezentate prin săgeți cu linie întreruptă). Centrele de prelucrare prezentate în pozițiile **(a)** și **(b)** permit realizarea operațiilor de strunjire cu scule fixate în suportul portcuțit **(e)** sau în capul revolver **(f)**, montat pe partea stîngă a saniei transversale, și a operațiilor de frezare (sau găurire) cu ajutorul unităților de frezare cu un singur arbore principal **(g)**, sau cu doi arbori principali dispuși coaxial **(h)** sau la 90° **(i)**, unități care sînt montate pe partea dreaptă a saniei transversale.

Variantele din pozițiile **(c)** și **(d)** sînt realizate numai cu capete revolver, în care se pot

Tabelul 1



monta 8 pînă la 12 scule, fără și cu mișcare de rotație. Acestea din urmă pot avea axa de rotație perpendiculară pe axa piesei (j), sau paralelă cu aceasta (k și l).

Alegerea modulelor componente ale unui centru de prelucrare prin strunjire este determinată de caracteristicile tehnice ale acestora. Alegerea nerațională a subansamblurilor componente poate afecta substanțial productivitatea și fiabilitatea mașinii-unelte. Criteriile de alegere a modulelor componente pot fi : precizia, rigiditatea, gabaritul, stabilitatea la vibrații. Ca rezultat al procesului de sinteză se obțin : structura modulelor componente, forma ghidajelor, dimensiunile geometrice ale subansamblurilor și dispunerea lor. Analiza calitativă a sintezei la proiectare este necesar să se facă în spațiul de lucru al mașinii-unelte.

Rezultă că problema sintezei mașinii-unelte este o problemă multicriterială, care include condiționări constructive, tehnologice și economice. Procesul de sinteză poate fi complet automatizat, dacă se recurge la folosirea calculatorului pentru proiectare și a subansamblurilor tipizate sau normalizate.

În figura 2 este indicat algoritmul pentru sinteza automatizată a unui centru de prelucrare. Datele inițiale ale procesului de sinteză (blocul 2) se formulează pe baza cerințelor temei de proiectare (TP). Mai departe (blocul 3), se

există un subansamblu tipizat care corespunde condițiilor TP, atunci procesul de căutare ia sfîrșit și se tipăresc pe imprimantă caracteristicile subansamblului găsit. Dacă nici unul din subansamblurile componente existente în banca de date nu îndeplinește cerințele TP, atunci se trece la sinteza unor componente noi (blocul 5). Componentele noi se formează pe baza analizei unor subansambluri tipizate, ale căror caracteristici există în banca de date (blocul 10). Fiecare din componentele sintetizate se analizează, de asemenea, tot pe baza condițiilor TP (blocul 6).

Firma Schaublin folosește pe strungurile cu CN capete revolver cu 12 poziții, în care pot fi montate pînă la 12 scule cu mișcare de rotație (burghie, lărgitoare, freze etc.), obținută de la un sistem propriu de antrenare a sculelor.

Firma Voest-Alpine realizează un centru de prelucrare prin strunjire tip WNC 500/1700 S, dotat cu capete revolver cu 8 sau 12 scule. Sculele pot fi montate în capul revolver cu 12 poziții în următoarele variante : șase cuțite pentru prelucrarea suprafețelor exterioare și șase cuțite pentru prelucrarea suprafețelor interioare; șase scule cu mișcare de rotație (acționate), în reuniune cu șase cuțite de strunjire; patru scule cu mișcare de rotație și opt cuțite de strunjire.

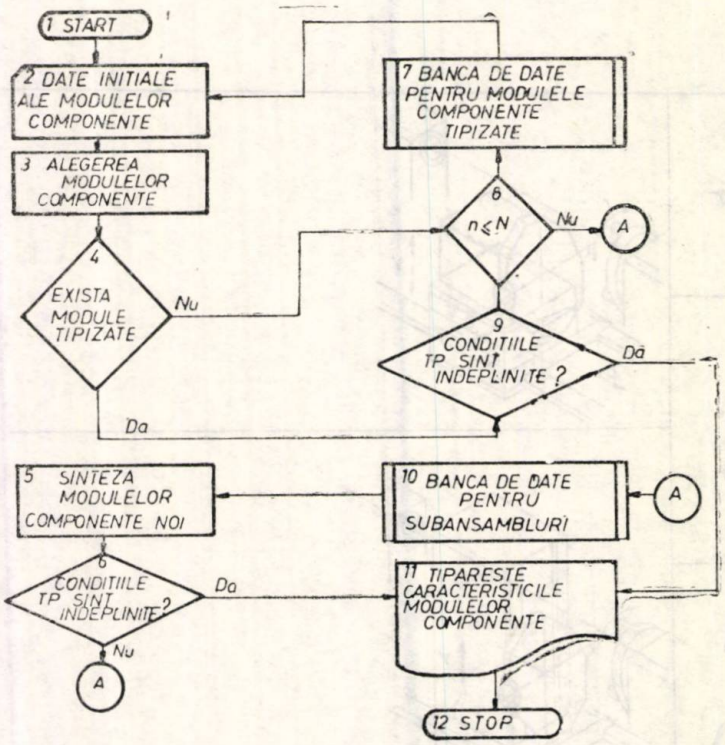


Fig. 2

derulează procesul de identificare a componentelor finite pe baza băncii de date referitoare la subansamblurile componente (blocul 7). Dacă

Firma Heineman realizează un centru de prelucrare prin strunjire, model MOC 440, care este alimentat cu semifabricate de către un

manipulator portal. În capul revolver cu 12 poziții cu axă orizontală, pot fi montate șase scule cu axa orizontală, cu mișcare de rotație, cu acționare separată, pentru găurire, frezare sau filetare cu tarodul. Prin folosirea unor portscule adecvate, aceste scule pot prelucra orificii sau canale dispuse pe suprafețele laterale ale semifabricatelor. Pentru prelucrarea diferitelor semifabricate în loturi mici și, de asemenea, pentru schimbarea automată a sculelor uzate, centrul de prelucrare este dotat cu un magazin tampon de scule, cu o capacitate de 120 de scule. Sculele se schimbă automat în suporturile capului revolver, în cîteva secunde. În afară de scule, în capul revolver se montează un palpator pentru controlul automat al piesei, cu o precizie de măsurare de 0,001 mm. Valorile reale ale dimensiunilor obținute în sistemul de comandă numerică se compară cu cele programate; în funcție de rezultat, se realizează corecția necesară. După schimbare. fiecare sculă, înainte de prelucrare, se măsoară automat pe mașină, iar echipamentul de comandă numerică calculează corecția necesară de poziționare a muchiei așchietoare. În momentul atingerii uzurii catastrofale, traductoarele incluse în lagărele arborelui principal al mașinii emit semnale pentru schimbarea sculei.

Realizări în acest domeniu au și firmele din țările socialiste, ca de exemplu centrele de prelucrare prin strunjire model MCSY 50 A și MCSY 80 A, fabricate în R.S. Cehoslovacia. Acestea au un cap revolver cu axă orizontală, în care pot fi montate pînă la 14 scule. Patru au mișcare de rotație, ceea ce asigură posibilitatea prelucrării integrale a diferitelor semifabricate cu diametrul de 50 ... 80 mm și lungime de 120 mm, pe o singură mașină-unealtă. Aceste centre de prelucrare au și o a doua păpușă fixă în partea dreaptă, în universalul căreia se poate fixa semifabricatul pentru prelucrarea dintr-o a doua prindere, fără a fi întors, și sînt dotate cu un magazin de scule de tip tambur și cu manipulator pentru schimbarea automată a sculelor din capul revolver.

Lărgirea posibilităților de prelucrare ale centrelor de prelucrare prin strunjire a impus unele modificări în construcția mașinilor-unelte din acest tip. Acestea trebuie să asigure :

a) Antrenarea sculelor cu mișcare de rotație (frezare, discuri abrazive, scule pentru prelucrarea găurilor).

b) Indexarea arborelui principal. Această cerință este impusă de operațiile de frezare a unor suprafețe precis poziționate față de axa de rotație a piesei.

c) Schimbarea rapidă a sculelor utilizate. Alimentarea automată cu scule din magazin ridică probleme specifice ca :

— prezența unor mecanisme care realizează transferul sculelor din magazin în suportul portscule și readucerea lor, după prelucrare, în magazin ;

— fixarea/eliberarea portsculei în/din magazin precum și fixarea/eliberarea acesteia în/din suportul portsculă ;

— prereglarea, codificarea și identificarea sculelor în magazin.

Magazinul de scule constituie subansamblul în care sînt depozitate, codificat, un anumit număr de scule necesare prelucrării unei piese. Acest subansamblu este amplasat pe mașină și poate fi fix sau mobil.

Clasificarea magazinelor de scule se face după tipul constructiv și după poziția de dispunere a lor pe strung. Astfel, se întîlnesc trei tipuri constructive de magazine : disc. cu lanț și rectilinii.

În cele ce urmează, vor fi prezentate doar probleme referitoare la construcția magazinelor de tip disc, denumite în mod uzual capete revolver.

Cele mai răspîndite sînt capetele revolver în formă de disc, sau turelă, cu axa orizontală, paralelă cu axa piesei, sau perpendiculară pe aceasta. Acestea permit prelucrarea pieselor cu diametrul mic, prinse sau nu între vîrfuri.

Turela cu axa verticală se folosește la strungurile pe care se prelucrează alezaje adînci, deoarece asigură o fixare rigidă a barelor pentru strunjiri. La acestea, numărul locașurilor pentru scule este limitat la 4 ... 6.

Unele strunguri (firma Index) folosesc turela cu axa înclinată, prevăzută cu 12 sau 16 locașuri pentru portscule.

Pentru prelucrarea pieselor complicate, care necesită un număr mare de scule, se folosesc turele sau discuri prevăzute cu locașuri pentru scule, atît pe suprafața laterală, cît și pe cea frontală. Pe suprafața laterală se dispun sculele pentru prelucrarea suprafețelor interioare, iar pe cea frontală cele pentru prelucrări exterioare. În același scop, la unele strunguri se folosesc două capete revolver. Acestea se dispun pe aceeași sanie sau pe sănii diferite.

În figura 3 este prezentat ansamblul format din magazinul de scule **1** de tip disc și capul revolver **2** al strungului SCULFORT CN 25. Cele două subansambluri sînt montate pe sania transversală (nereprezentată) a strungului. Magazinul de scule are axa de rotație înclinată față de axa capului revolver. Acesta este prezăzut cu opt locașuri codificate, în care se dispun sculele folosite numai pentru prelucrarea suprafețelor interioare.

Sculele pentru prelucrări exterioare se află plasate în cele șase locașuri ale capului revolver. În locașurile 4 și 8 (fig. 3. a) se face alimentarea cu scule din magazin.

Magazinul are o mișcare de rotație, aducînd scula ce urmează să fie folosită în fața postului de schimbare și o mișcare de translație, prin care se asigură livrarea sau prelucrarea blocurilor portscule, după rotația pentru aducere în poziție a capului revolver.

Funcționarea pentru alimentarea automată reiese tot din figura 3. În figura 3, a se realizează rotația capului revolver pentru aducerea locașului 8 în poziția de schimbare. Figura 3, b prezintă rotirea magazinului pentru ca scula

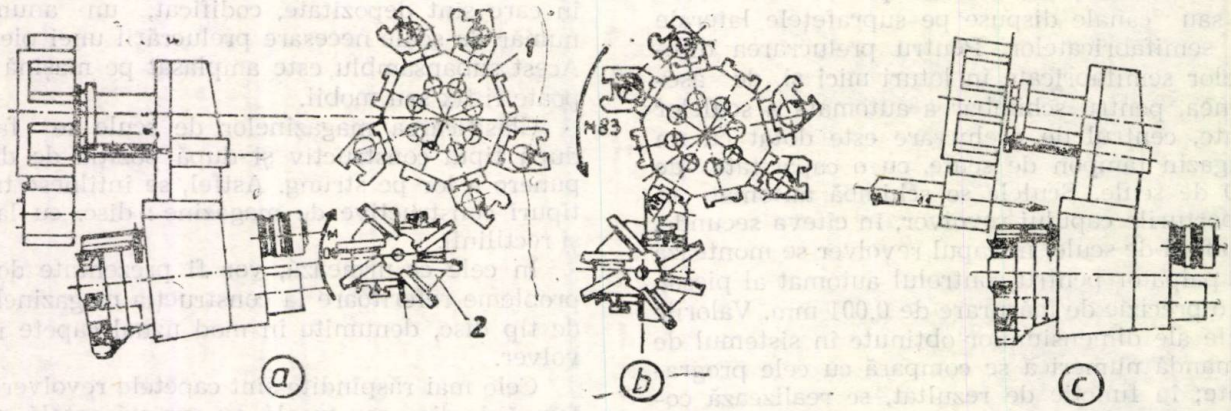


Fig. 3

11 să fie adusă în fosta poziție 8, iar figura 3, c — translația magazinului în direcția săgeții pentru introducerea blocului portsculei **11** în locașul 8 din capul revolver. După schimbarea sculei, magazinul revine în poziția inițială printr-o mișcare de translație în sens invers, iar capul revolver se rotește cu 180° pentru aducerea noii scule în poziția de lucru. Prelucrarea sculei din capul revolver în magazin se efectuează într-o succesiune inversă de secvențe față de cele de aducere.

d) Un număr mai mare de axe comandate numeric, consecință firească pentru satisfacerea cerințelor de la punctele **(a)** și **(b)** ;

e) Folosirea sistemelor de scule pentru echiparea centrului de prelucrare prin strunjire. Acestea asigură micșorarea gabaritului și a greutății blocurilor de scule, schimbarea rapidă a sculelor, număr minim de elemente ce intră în componența sistemului de scule.

Din cele prezentate, se pot trage următoarele **concluzii privind capetele revolver** utilizate la centrele de prelucrare prin strunjire :

1) Capetele revolver trebuie să îndeplinească următoarele **cerințe** de bază :

a) rigiditate mare, care să permită folosirea integrală a puterii mașinii-unelte în cazul operațiilor de degroșare. Totodată, rigiditatea și o mai bună rezistență la uzură conduc la eliminarea sau reducerea erorilor sistematice datorită eforturilor de așchiere, efectelor temperaturii și uzurii ;

b) timp minim pentru schimbarea sculei (care se obține prin rotirea capului revolver în ambele sensuri pentru poziționare) ;

c) precizie de poziționare ridicată și stabilă în timpul exploatării ;

d) posibilitate de antrenare în mișcare de rotație a sculelor;

e) fiabilitate ridicată.

2) În cea ce privește numărul de scule necesare prelucrării semifabricatelor pe strungurile cu CN, în majoritatea cazurilor, se folosesc 12 scule montate într-un cap revolver.

Pentru mărirea flexibilității centrului de prelucrare prin strunjire, se pot prevedea două capete revolver sau un sistem automat de schimbare a capetelor revolver. Aceste variante constructive s-au impus în cazul utilizării acestor mașini-unelte în sistemele flexibile de fabricație, unde se prelucrează loturi mici de semifabricate cu caracteristici foarte diferite. În acest caz, schimbarea automată a completului de scule se efectuează atunci cînd se trece de la prelucrarea unui tip de piesă la altul, sau la revenirea acesteia pe mașină în cazul repetării lotului de semifabricate, sau în cazul uzării sculelor așchietoare.

În continuare, vor fi prezentate unele soluții constructive de capete revolver, cu axa orizontală și locașuri pentru fixarea și schimbarea automată a blocurilor de scule, realizate în sistem modular, care permit trecerea rapidă de la prelucrarea unui lot de piese la altul.

În figura 4 este prezentat sistemul BTS (al firmei Sandvik Coromant) pentru fixarea suporturilor schimbabile cu plăcuță din carburi metalice, folosite pe capetele revolver ale strungurilor cu batiu înclinat. Sistemul constă din cilindrul pneumatic **1,** tija **2** care prin intermediul bridei **6** se reazemă pe plunjerul cilindrului hidraulic **3** care trimite ulei sub presiune în cilindrul de fixare din portscula **4.** Cu ajutorul acestui cilindru hidraulic tija portsculei fixează suportul schimbabil **5.** Desfacerea suportului schimbabil se realizează prin intermediul unui pachet de arcuri taler **7.**

În figura 5 este prezentat un alt sistem de strîngere a blocurilor de scule. Acesta se compune dintr-o tijă filetată **3,** care fixează blocul de scule **5** în suportul **4.** Momentul de strîn-

gere se transmite tijei filetate de la sistemul de acționare **1**, prin intermediul angrenajului cilindric **2**.

figura 7. Acționarea se face cu motorul electric **1**, transmisia cu cureaua dințată **2**, a cărei roată dințată condusă are o semicuplă 3 care se cu-

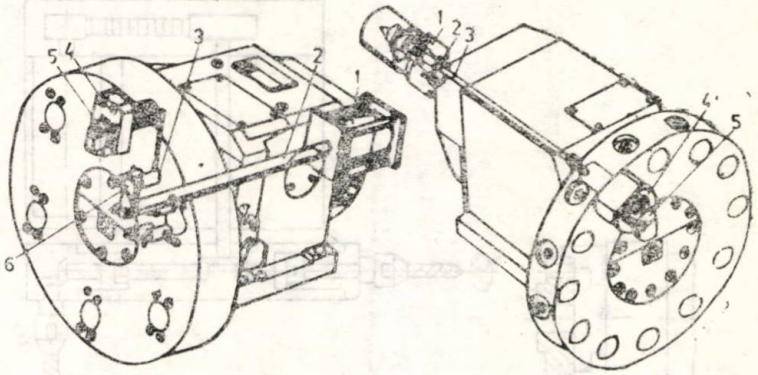


Fig. 4, 5

În figura 6 este reprezentată schematic construcția capului revolver **9**, în care se montează pe partea frontală sculele rotative. Antrenarea

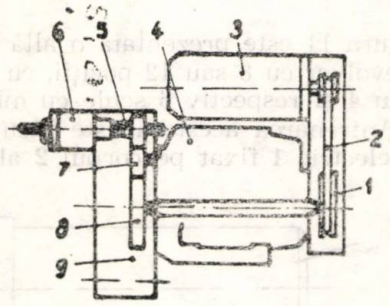


Fig. 6

în mișcare de rotație a sculei **6** este realizată de la motorul electric **3**, prin transmisia cu curea dințată **2**, arborele **1** al reductorului **4**, roțile dințate **8**, **7** și **5**, pe care este prevăzută o semicuplă conjugată de pe dornul potsculei **6**.

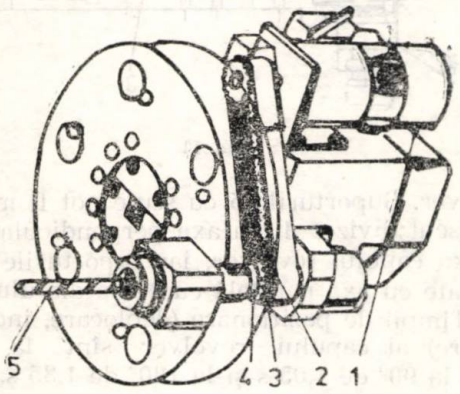


Fig. 7

Capul revolver, cu cea mai simplă construcție a sistemului de antrenare a sculelor fixate pe partea frontală a acestuia, este prezentat în

plează cu semicupla **4** de pe dornul portsculei sculei rotative **5**. Prin poziționarea în dreptul semicuplei **3** a arborelui portsculă programat să fie antrenat și cuplarea celor două semicuple cu dantură frontală, se transmite mișcarea la scula fixată în capul revolver.

În figura 8 este dată o schemă similară celei din figura 7, utilizată însă la antrenarea sculelor rotative plasate pe circumferința capului

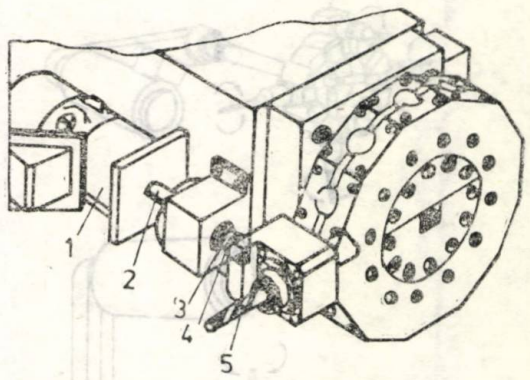


Fig. 8

revolver. Motorul electric **1** fixat în partea laterală a capului revolver transmite mișcarea la un reductor **2**, care rotește semicupla **3**. Cînd aceasta va cupla cu semicupla **4** de pe portscula sculei rotative **5**, aceasta va începe să se rotească cu turația corespunzătoare regimului optim de așchiere.

În figura 9 este prezenată o altă variantă de antrenare a burghielor sau frezelor montate în capetele revolver.

Strungul MC, model CNC-Simultan al firmei Hobbeger, este dotat cu două capete revolver cu 8 poziții fiecare, ceea ce permite prelucrarea semifabricatului simultan cu două scule.

Primul cap revolver (fig. 10, a) este dispus în fața mașinii-unelte pe ghidajele batiului, iar al doilea cap revolver (fig. 10, b), în spate.

În ambele capete pot fi montate scule pentru prelucrarea suprafețelor exterioare și interioare. Din figura 10, a se observă că un număr de

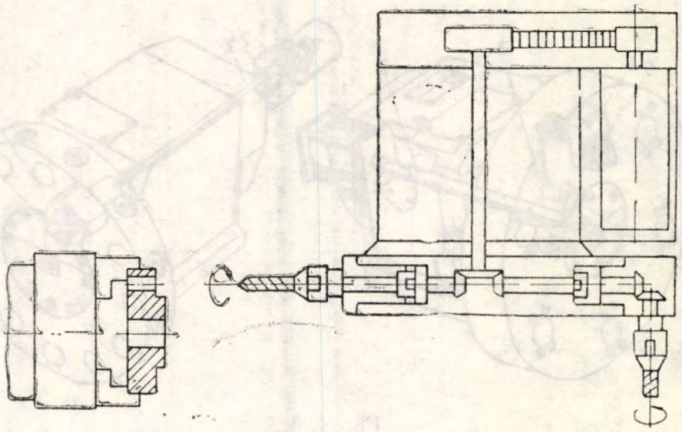


Fig. 9

patru scule din fiecare cap revolver pot fi antrenate în mișcare de rotație, de la un sistem propriu de acționare. Selectarea sensului de rotație (trigonometric sau invers trigonometric), deplasările pe axele X și Z (pentru primul cap revolver) și respectiv pe axa Z (pentru al doilea cap) sînt comandate de echipamentul de comandă numerică al strungului.

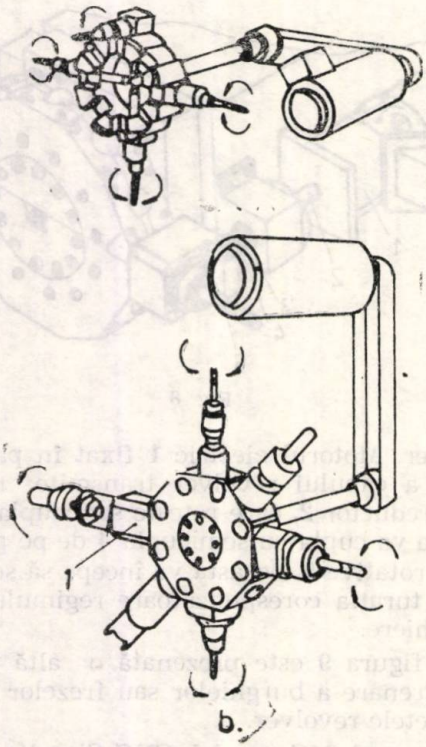


Fig. 10

În cel de-al doilea cap revolver se poate monta un dispozitiv **1** cu bacuri sau cu bucșă elastică (fig. 10, b), care se poate roti sincron cu arborele principal al mașinii-unelte și care este folosit la fixarea semifabricatului în capătul inițial liber, pentru prelucrarea lui cu scule din primul cap revolver, pe partea din stînga anterior fixată în universalul strungului. În acest mod, se asigură posibilitatea de prelucrare integrală a semifabricatului pe o singură mașină-unealtă.

În figura 11 este prezentată o altă variantă de cap revolver cu 8 sau 12 poziții, cu axă orizontală cu 4 și respectiv 6 scule cu mișcare de rotație. Antrenarea acestora este făcută de la motorul electric **1** fixat pe corpul **2** al capului

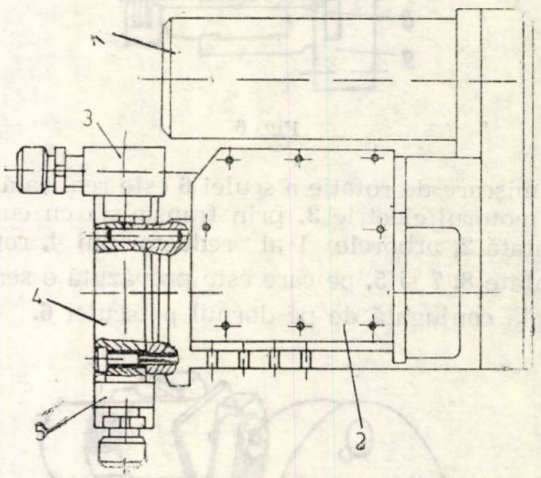


Fig. 11

revolver. Suporturile **5** cu scule pot fi montate pe discul divizor **4**, cu axa perpendiculară față de axa capului revolver, iar suporturile **3** sînt montate cu axa paralelă cu cea a discului divizor. Timpii de poziționare (deblocare, indexare, blocare) ai capului revolver sînt la 45^0 de 0,9 s, la 90^0 de 1,05 s și la 180^0 de 1,35 s.

Folosirea avansului transversal (în lungul axei X) a căruciorului strungului cu CN permite amplasarea în capul revolver a mai multor scule, pentru prelucrarea găurilor pentru o singură poziție de lucru. Pentru aceasta se

folosesc suporturi speciale în care se montează maximum trei scule. Dispunerea a mai mult de trei sau patru scule într-un singur suport nu este rațională, întrucît pot apărea deviații ale axelor sculelor care se găsesc la distanțe relativ mari de axa suportului, ca urmare a erorii de fixare a acestora în capul revolver, sau datorită deformațiilor elastice cauzate de componentele axiale ale forței de așchiere.

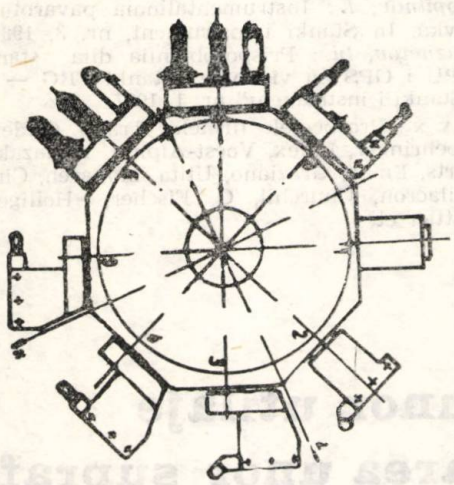


Fig. 12

Există mai multe variante de montare a sculelor de găurire în asemenea suporturi. În figura 12 se prezintă o variantă de fixare a trei blocuri multiscule în capul revolver. În fiecare bloc, pentru micșorarea timpului de poziționare a căruciorului și capului revolver, sînt fixate mai multe tipuri de scule (burghiu, lărgitor, alezor etc.) pentru prelucrarea integrală, într-un ciclu, a unui alezaj din semifabricat.

Este posibilă și o a doua variantă de dispunere a sculelor în blocuri : blocul burghielor, blocul lărgitoarelor, blocul alezoarelor. În acest caz, crește timpul de poziționare a sculelor, datorită timpilor de indexare a capului revolver, corespunzător succesiunii de selectare a sculelor din blocuri.

În cazul strungurilor carusel cu CN, se folosesc frecvent capete revolver destinate măririi posibilităților tehnologice de prelucrare a mașinii-unelte. Un astfel de cap revolver este prezentat în figura 13. Acesta permite realizarea, în plus, față de operații de strunjire, a operațiilor de frezare, găurire și alezare. Capul revolver se păstrează în magazinul de scule; fixarea lui pe mașina-unealtă se face în mod automat.

Corpul capului revolver constă din partea fixă **3** și partea mobilă **4** care se rotește. Pe partea fixă sînt prevăzute elementele de asamblare, prismele **1** care formează între ele canalele **2** în formă de „T" și arborele de antrenare **9** cu roata conică **10.** Aceasta angrenează cu roata conică **8,** pe care este dispusă roata conică **7** în așa fel încît vîrfurile conurilor divizoare ale roților **7** și **8** se situează pe axa arborelui **9.** Roata dințată **7** angrenează cu roata dințată conică **11**, fixată pe arborele **5**, a cărui axă este coliniară cu axa arborelui **9.**

Partea mobilă a capului se poate roti în jurul axei 00 cu un unghi de maxim $\pm 90^0$; pentru aceasta se slăbesc șuruburile care fixează plăcile **6** și **12.** După rotirea capului cu unghiul necesar plăcile se fixează din nou în șuruburi.

Pentru schimbarea automată a capului revolver din magazinul de scule în culisorul strungului, se dă comanda de la echipamentul de comandă numerică al strungului, sau de la butonul corespunzător de pe panoul de comandă. Ca urmare sania de pe traversa strungului se apropie de magazinul de scule. Culisorul saniei se apropie de prismele de fixare și știftul său intră în canalul **2** în formă de „T" al capului revolver. În momentul suprapunerii axelor culisorului și a capului revolver, acesta din urmă se blochează automat în culisor. În continuare, se pornește motorul electric care transmite mișcarea de rotație la arborele **9,** roțile dințate **10, 8, 7** și **11** și arborele **5** în care este fixată scula cu mișcare de rotație.

În prezent, **la centrele de prelucrare prin strunjire** se pot remarca următoarele **tendințe** :

— mărirea numărului de operații tehnologice pe care le pot realiza dintr-o singură prindere a piesei ;

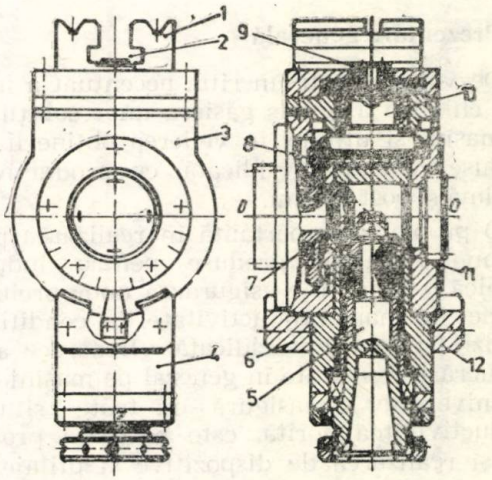


Fig. 13

— creșterea productivității și a preciziei de prelucrare ;

— mărirea coeficientului de încărcare a mașinii-unelte prin mărirea numărului de funcții comandate automat, ceea ce permite utilizarea mașinii-unelte în sistemele flexibile de fabricație.

Posibilitatea de a monta în capetele revolver, în afara sculelor fixe (cuțite pentru strunjire), a sculelor cu mișcare de rotație, permite pre-

lucrarea complexă a pieselor pe o singură mașină-unealtă, fără a mai fi necesară prelucrarea lor ulterioară pe mașini de găurit sau de frezat. Prin prezența, în capetele revolver, a sculelor de rotație, strungurile cu CN devin centre de prelucrare prin strunjire cu posibilități de realizare a unor operații de frezare, rectificare și găurire.

Capetele revolver care realizează antrenarea sculelor în mișcare de rotație **trebuie** :

— să permită fixarea sculelor cu mișcare de rotație, în funcție de necesitățile tehnologice, în locașurile capului revolver ;

— să nu aibă un gabarit minim pentru sistemul de acționare a sculelor rotative;

— să aibă un randament maxim al transmisiei mișcării de rotație;

— să permită schimbarea automată a sculelor rotative.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Dorin, Al., Ghionea, A., Predincea, N.* : Alimentarea automată cu semifabricate și scule a strungurilor. Editura tehnică, București, 1984.

[2] *Dorin, Al., Marinescu, I., Enciu, G.* : Sisteme de scule pentru mașini-unelte cu comandă numerică. Editura tehnică, București, 1986.

[3] *Kuznețov, Iu.* : Instrumentalinaia osnastka dlia stankov s CPU. In Mașinostroiteli, nr. 3, 1987.

[4] *Maslov, S., Mașin, S.* : Rassirenie tehnologhiceskih vazmojnastei tokarno-revolivernîh stankov s CPU. In „Mașinostroiteli", nr. 8, 1986.

[5] *Kopîlnov, I.* : Instrumentalinaia pavarotnaia galovka. In Stanki i instrument, nr. 3, 1987.

[6] *Kuznețov, Iu.* : Prisposobleniia dlia stankov s CPU i GPS na vîstavke Stanki FRG — 86. In „Stanki i instrument" nr. 1, 1987.

[7] x x x : Prospectele firmelor Traub, Gildemeister, Boehringer, Index, Voest-Alpine, Yamazaki, Monforts, Emag, Graziano, Utita, Monarch, Cincinnati Milacron, Churchil, G. Fischer, Heiligenstaedt Pittler etc.

CZ : 621.753 : 681

Posibilități de realizare a unor utilaje specializate pentru prelucrarea unor suprafețe de etanșare din industria chimică

Ing. Ioana **CARTIAN** — I.C.S.I.T.I.C.M. — București

Ing. Nicolae **DOBRE** — I.U.C. „Grivița Roșie" București

Prezentare generală

Dezvoltarea într-un ritm accentuat a industriei chimice a impus găsirea unor soluții noi de mașini și utilaje, în vederea obținerii unor produse de calitate ridicată, cu productivitate maximă și cost minim.

O problemă importantă în realizarea pieselor unor instalații produse pentru industria chimică o constituie asigurarea unor prelucrări rapide, de mare productivitate, în condiții de precizie și acuratețe ridicată. Deoarece aceste prelucrări, executate în general pe mașini unelte universale, nu asigură în toate situațiile productivitatea dorită, este necesară proiectarea și realizarea de dispozitive și utilaje specializate, pe categorii de prelucrări și operații.

Un astfel de exemplu îl reprezintă prelucrarea suprafețelor de etanșare de la plăcile tubulare ale schimbătoarelor de căldură. Și aici utilizarea unor mașini unelte universale AF-uri (bohrwerk) nu a dat rezultate bune, ca productivitate, impunîndu-se proiectarea și realizarea unor dispozitive adecvate.

Dispozitivul proiectat este destinat prelucrării suprafețelor de etanșare la plăcile tubulare ale schimbătoarelor de căldură. Prelucrarea se va realiza pe partea dinspre țevi a plăcii, suprafețele de etanșare fiind prevăzute cu canale în spirală de adîncime 0,5 mm și pas 0,8 mm. Realizarea acestor canale spirale (rile) asigură o mai bună așezare a garniturilor, deci o mai bună etanșare.

Caracteristici tehnice

— Dimesiunile plăcii tubulare ce urmează a fi prelucrată ..... ∅990 mm;
— Masa nominală ..... 6000 kg ;
— Dimensiuni de gabarit ..... ∅1618×640;
— Acționare ..... motoreductor planetar M 1P 1/375×3 — (1—002—0) motor electric AT 100 L 28 B ; $P = 3$ kw $n = 1500$ rot/min.
— Turația port cuțit ..... 14,25 rot/min.

Descrierea mașinii

Dispozitivul de prelucrat suprafețe de etanșare plăci tubulare (fig. 1 și 2) este alcătuit din următoarele elemente principale : inelul corp 34 care se montează pe placa tubulară P.T.; pe acest inel corp se montează coroana dințată 33. care va fi angrenată în mișcare de rotație prin intermediul pinionului de antrenare 46. Limitarea deplasării axiale a coroanei dințate 33

este realizată prin intermediul inelului frontal **32**, care este fixat cu ajutorul a 12 șuruburi **31** în inelul corp **34**. Pe coroana dințată este fixat cu ajutorul șuruburilor **23**, subansamblul port cuțit.

motive (praf, impurități) depășiri ale momentelor admise din calcul.

Dispozitivul se montează centrat, bine strîns pe placa tubulară P.T., prin intermediul penelor înclinate **38** în număr de 12.

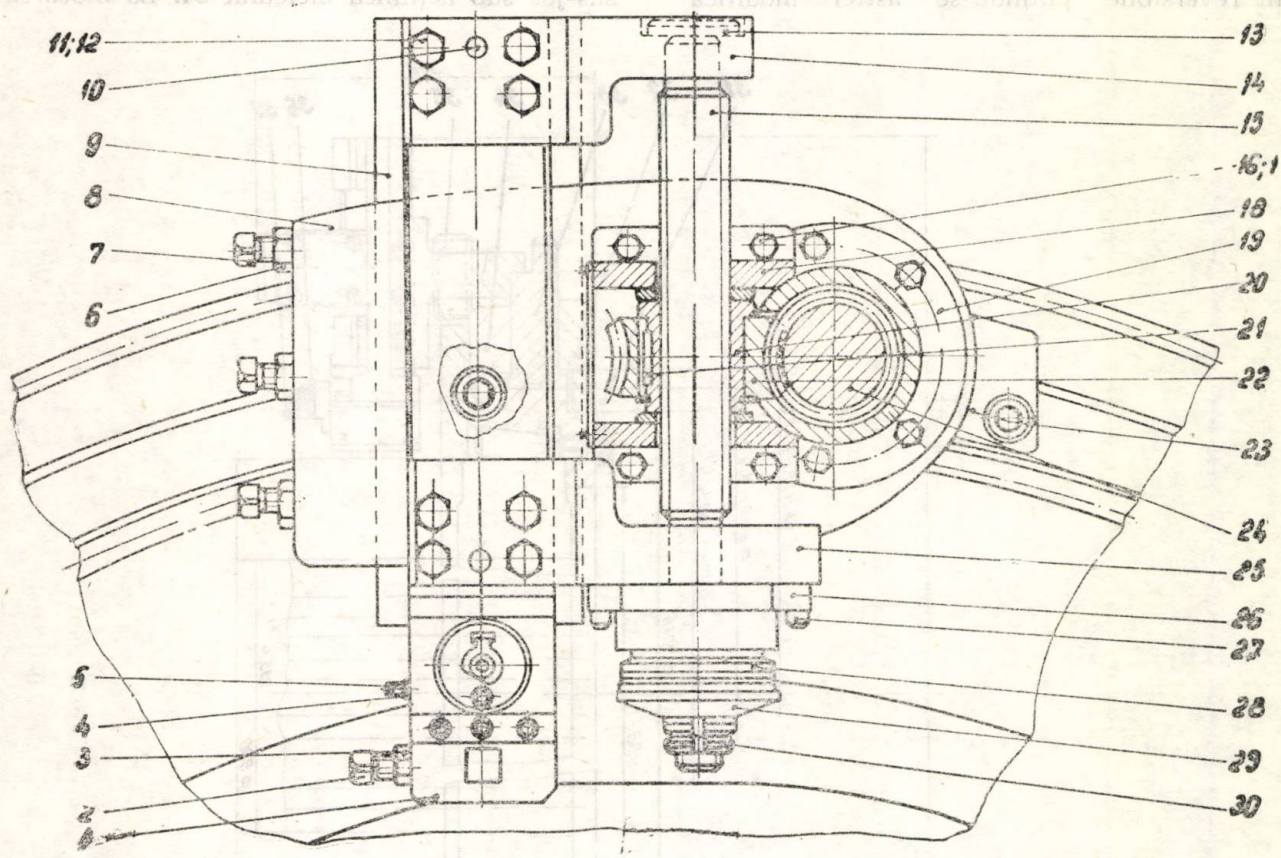


Fig. 1 Secțiune transversală prin dispozitivul de prelucrare a suprafețelor de etanșare.

1 — sanie avans transversal ; 2 — șurub M 10 x 40 ; 3 — piuliță BM 10 ; 4 — știft filetat M 6 x 20 ; 5 — piuliță sp. M 6 ; 6 — piuliță M 10 ; 7 — șurub M 10 x 50 ; 8 — corp suport ; 9 — sanie port-cuțit ; 10 — știft centrare ; 11 — șurub M 8 x 35 ; 13 — disc blocare axială ; 14 suport superior șurub avans ; 15 — șurub avans radial ; 16 — șurub M 6 x 25 ; 17 — șaibă Grower N 6 ; 18 — suport roată melcată ; 19 — carcasă rulment ; 20 — piuliță avans radial ; 21 — pană paralelă ; 22 — roată melcată $m=1{,}75$. $z=40$; 23 — șurub M 10 x 35 ; 24 melc $m=1{,}75$; $z=1$; 25 — suport inferior șurub avans ; 26 — placă fixare limitator ; 27 — șurub M 6 x 25 ; 28 — arc disc 1 x 4 x A 71 ; 29 — șaibă strîngere ; 30 — piuliță KM 4.

Subansamblul port cuțit este alcătuit din următoarele elemente principale :

— corpul suport 8 ;

— angrenaj melc-roată melcată (22—24), care asigură deplasarea radială a șurubului de avans radial **15** ;

— sania port-cuțit **9**, prin a cărei deplasare rapidă se asigură avansul de strunjire în scopul realizării rilelor în condițiile parametrilor ceruți ;

— sania transversală **1**, montată pe sania port cuțit, asigurînd retragerea cuțitului din șpan la capăt de cursă. Mișcarea transversală a saniei se realizează prin rotirea manetei **37**, fixată pe placa rotitoare **36**.

— cuplaj limitator de sarcină **26, 27, 28, 29, 30** care asigură întreruperea funcționării în momentul în care se ajunge la capăt de cursă, sau se produc în timpul lucrului din anumite

Descrierea funcționării

Pinionul de antrenare **46** este pus în mișcare de la motorul electric **43**, prin intermediul motoreductorului planetar **45**. Pinionul va angrena cu coroana dințată **33** asigurîndu-se astfel rotirea subansamblului port-cuțit. Inelul camă dințat 42 este fixat cu ajutorul a 12 șuruburi (poz. **41**) pe inelul corp 34. Prin intermediul angrenajului inel camă dințat **41** — roată dințată cilindrică **35**, este pus în mișcare inelul **24**. care va angrena cu roata melcată **22**, antrenînd în mișcare șurubul de avans radial **15**. Acest șurub va deplasa radial sania port-cuțit asigurînd astfel avansul de așchiere al cuțitului. Lungimea cursei active a saniei port cuțit este de 58 mm. În momentul în care se ajunge la capăt de cursă, datorită depășirii unui anumit moment de frecare calculat, cuplajul limita-

tor de sarcină va întrerupe avansul piuliței. În acest moment cuplajul va patina, evitînd astfel ruperea cuțitului.

Motorul electric și motoreductorul planetar sînt reversibile putîndu-se astfel modifica sensul de rotație al saniei port-cuțit pentru readucerea cuțitului la poziția inițială de strunjire.

Funcționarea și reglarea cuplajului limitator de sarcină

Piulița de avans radial **20** se deplasează sus-jos sub acțiunea melcului **24.** La blocarea din anumite motive (praf, impurități) a sistemului, sau la capăt de cursă, momentul de frecare calculat este depășit, avansul piuliței

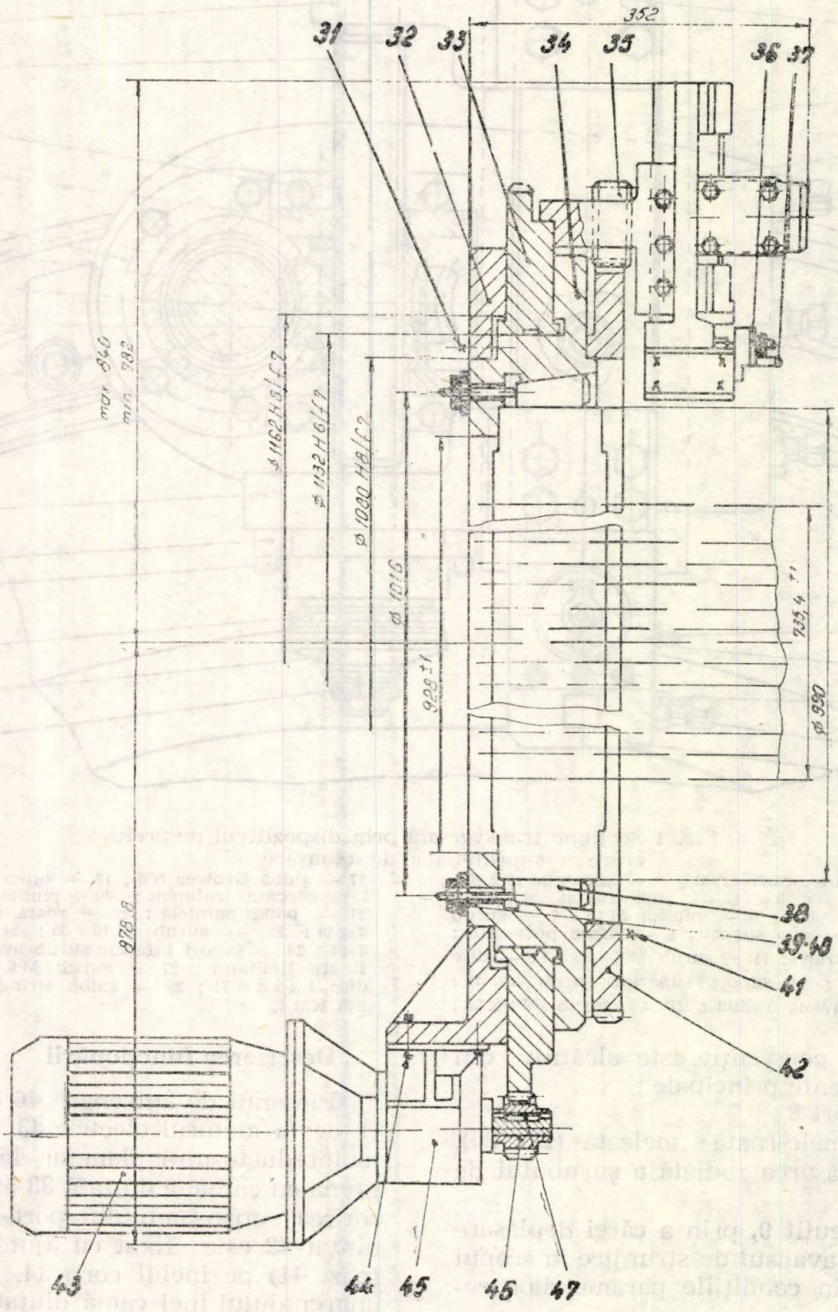


Fig. 2 Secțiune axială prin dispozitivul de prelucrare a suprafețelor de etanșare.

31 — șurub M 10 x 45 ; 32 — inel frontal ; 33 — coroană dințată ; 34 — inel corp ; 35 — roată dințată cilindrică ; 36 — placă rotitoare ; 37 — manetă ; 38 — pană înclinată ; 39 — șaibă ; 40 — piuliță M 12 ; 41 — șurub M 10 x 35 ; 42 — inel camă dințată ; 43 — motor electric $P = 3$ Kw AT 100 L 28 B $n = 1500$ rot./min ; 44 — șurub M 10 x 30 ; 45 — motoreductor planetar M 1 P 115 x 3— (1—002—0) ; 46 — p nion antrenare ; 47 — pană paralelă.

este intrerupt, aceasta mișcîndu-se împreună cu șurubul de avans radial **15**. În acest moment cuplajul patinează evitîndu-se astfel ruperea cuțitului de strunjit.

Reglarea cuplajului limitator de sarcină

Reglarea momentului de frecare de patinare se va realiza prin stringerea piuliței **30**, tensionînd astfel prin intermediul șaibei de strîngere **29**, arcurile disc **28**, pînă la o forță axială suficient de mare, astfel încît patinarea să se producă la depășirea cu maximum 20% a momentului nominal la șurub (1542207 Nmm). Deplasarea piuliței de avans radial **20** pe șurubul de avans radial **15** trebuie să se facă lin, fără șocuri, iar la patinare, rotirea șurubului **15** în lagărele formate cu suporții superior **14** și inferior **25** să nu producă gripaj. Funcționarea în patinare a cuplajului ca și a lagărelor șuruburilor **14** și **25**, nu trebuie să se facă mai mult de 3 min. Se recomandă ca dispozitivul să fie oprit la capăt de cursă.

Condiții de exploatare

Ungerea rațională a subansamblelor componente ale mașinilor este esențială în asigurarea unei funcționări optime. Rulmenții, angrenajele și lagărele se vor unge cu vaselină. În urma montajului, toate piesele în mișcare trebuie să permită o mișcare lină, fără smucituri.

Aspecte de proiectare

Pentru dimensionarea elementelor componente ale dispozitivului, s-au făcut calcule asupra elementelor geometrice ale angrenajelor de roți dințate, dimensionarea motoreductorului respectiv a motorului electric pe baza puterii de antrenare necesare, calculul cuplajului limitator de sarcină, astfel încît patinarea să se producă la depășirea cu maximum 20% a momentului nominal la șurub.

Acest dispozitiv poate fi montat direct pe schimbătoarele de căldură, la locul de muncă, în vederea realizării suprafețelor de etanșare corespunzătoare. Nu mai este astfel necesar transportul schimbătorului de căldură la bohrwerk, sau la altă mașină-unealtă, în vederea prelucrărilor.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Gafițanu, M. și colectiv :* Organe de mașini, Editura Tehnică, Vol. 1 și 2, București, 1982, 1983.

[2] *Buzdugan, Gh. :* Rezistența materialelor, Editura Tehnică, București, 1980.

[3] *Drăghici, I. și colectiv :* Îndrumar de proiectare în construcția de mașini, Editura Tehnică Vol. 1 și 2, București, 1983, 1984.

[4] *Rădulescu, Gh. și colectiv:* Îndrumar de proiectare în construcția de mașini, Editura Tehnică, Vol. 3, București, 1986.

CZ : 621.91.02

Introducere în studiul geometriei sculei abrazive melc de rectificare a roților dințate, profilată cu diamante plate

Dr. ing. Gheorghe **MILOIU**, — Întreprinderea Reșița — Renk
ing. Florin **VIȘA** — Întreprinderea „NEPTUN" Cîmpina

Introducere

În tehnica actuală sînt aproape generalizate angrenajele durificate (ca angrenaje de portanță). Aceasta explică extinderea rectificării, care a devenit principala metodă de finisare a roților dințate cilindrice.

La roțile dințate cu diametrul pînă la 350 mm, mult mai productiv și cel puțin la fel de precis, procedeul de rectificare cu sculă abrazivă melc (Reishauer) s-a impus, în fața procedeelor cu disc biconic (Niles) sau plan (Maag). Mașini de rectificat cu sculă abrazivă melc se execută în multe țări : R.F.G., U.R.S.S., Japonia, R.P.U., R.S.R. ș.a. Unele modele de mașini Reishauer rectifică roți cu diametrul pînă la 800 mm.

Profilarea sculei abrazive tip melc se realizează cu diamante plate, molete și discuri diamantate. Profilarea cu diamante plate are următoarele avantaje : acoperă un domeniu de module foarte larg — 0,5—8 mm, permite corectarea comodă a unghiului de profilare, deci reducerea abaterilor de profil la piesă, aparatul de profilare este universal ceea ce permite realizarea oricărui unghi de profil și a oricăror parametri ai flancării. Celelalte două procedee de profilare sînt mai ieftine, dar indicate mai ales la prelucrarea de serii mari de piese.

Asupra procedeului Reishauer există anumite recomandări pentru reglarea aparatului de profilare în documentația acestei firme [4, 5]. Dar, pentru a realiza o precizie superioară,

se recurge la un permament dialog între execuție și control, pe baza verificării profilului piesei, operînd corecturi la reglajul aparatului de profilare. Cu toată extinderea procedeului, o cercetare sistematică a acestuia nu s-a publicat. Cercetări preliminare pot fi considerate lucrările [2, 3].

Similar lucrării [1] — în domeniul ascuțirii frezelor melc, lucrarea prezentă reprezintă o introducere în studiul complex al procedeului Reishauer, pornind de la profilul de referință și schema aparatului de profilare — la optimizarea reglajului la profilare și evaluarea abaterilor minimizate pe cremaliera generatoare. Vor urma cercetări numerice detaliate ale procedeului.

Notații

Simboluri generale

S_a, E_a — suprafață, sistem de coordonate — cu referire la elementul a;

L, L_k — curbă (profil), curbă caracteristică;

T_{ab} — matrice patrată (4x4) reprezentînd transferul din sistemul E_b în sistemul E_a;

X_a — matrice coloană reprezentînd raza vectoare a punctului curent al suprafeței S_a, de proiecții x_a, y_a, z_a, 1;

N_a — matrice coloană reprezentînd vectorul normală atașat punctului curent al suprafeței S_a, de proiecție n_{xa}, n_{ya}, n_{za}, 0.

Parametri liniari și unghiulari

p, u — parametrii liniari ai cremalierei de referință;

ν — parametrul unghiular al mișcării relative cremalieră — melc abraziv;

H — parametrul elicoidal al melcului abraziv;

v — parametrul transformării elicoidale pe melc.

Indici inferiori

C, M — referitor cremalieră, melc abraziv;

D — referitor diamante plate

Indici superiori

$*$ — referitor suprafețe și profiluri de aproximare;

$**$ — referitor soluții optimizate.

Notații speciale

, — simbolul produsului scalar a doi vectori;

. — simbolul produsului vectorial a doi vectori;

fără — produsul $T_{ab}T_b$ reprezintă trecerea vectorului X_b din sistemul E_b în sistemul E_a.

Descrierea metodei

Metoda de studiu al geometriei rectificării roților dințate cu sculă abrazivă melc profilată cu diamante plate este redată în schema din figura 1. Studiul începe prin definirea cremalierei de referință S_c a roții (blocul **B** 1), care în etapa următoare generează flancurile sculei de rectificat — melcul abraziv : suprafața teoretică exactă S_M (blocul **B** 2). În blocul **B** 3 se obține profilul axial L_a al sculei S_M iar în blocul **B** 4 profilul L_a se înlocuiește cu dreapta de cea mai bună aproximare L_D^*. Corespunzător, în blocul **B** 5 se obține S_M^* — suprafața practică (reală, a melcului S_M, realizată ca elicoid arhimedic : S_M devine de o geometrie compatibilă cu sistemul de profilare cu diamante plate. În blocul **B** 6 are loc un proces de generare inversă : melcul S_M^* va genera cremaliera reală S_C^*. Pe cremaliera S_C^*, în blocul **B** 7, se evaluează abaterile de profil cauzate de simplificarea de profil din blocul **B** 4. Corectînd profilul L_D și reluînd calculele prin legătura 7—4 se obține profilul optimizat L_D^{**} (blocul **B** 7). În ultimul bloc de calcul se stabilesc parametrii de reglaj ai aparatului de profilare (blocul **B** 8).

Algoritmul de calcul

Definirea cremalierei de referință. Suprafața S_C a cremalierei de referință a roții dințate de rectificat (evolventică) se definește, în sistemul E_C, prin raza vectoare și normala :

$$X_c = X_c(p, u);\quad N_c = \frac{\partial X_c}{\partial p} \cdot \frac{\partial X_c}{\partial u} = N_c(p, u) \tag{1}$$

Evident, pentru cremaliera cu profil flancat se deosebesc expresii distincte pe cele 2 (flancare numai pe capul dinților) sau 3 (flancare pe piciorul și capul dinților) zone ale profilului. În expresiile (1) trebuie introdus un contor care permite parcurgerea secvențială a zonelor profilului.

Suprafața exactă a melcului abraziv. Ecuațiile suprafeței sculei de rectificat S_M se pot scrie sub forma :

$$\left.\begin{aligned} X_M &= T_{MC}X_C = X_M(u, \nu) \\ N_M &= T_{MC}N_C = N_M(u, \nu) \end{aligned}\right| , \tag{2}$$

rezultate din (1) și legătura dintre parametri,

$$p = f_1(u, \nu),$$

obținută din condiția de contact $S_C - S_M$,

$$N_C,\ T_{CM}\frac{\partial T_{MC}}{\partial \nu}X_C = 0, \tag{4}$$

unde γ este parametrul mișcării relative melc — cremalieră.

Profilul axial al melcului. Din (2), expresia profilului axial L al melcului devine :

$$X_A = \begin{bmatrix} x_a \\ y_a \\ z_a \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_M \\ \sqrt{y_M^2 + z_M^2} \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = X_a(u) \tag{5}$$

Aproximarea rectilinie a profilului melcului abraziv. Această aproximare este compatibilă cu aparatul de profilare cu diamante de ecuații

$$X_D^* = X_D^*(u),\ N_D^* = N_D^*(u) \qquad (7)$$

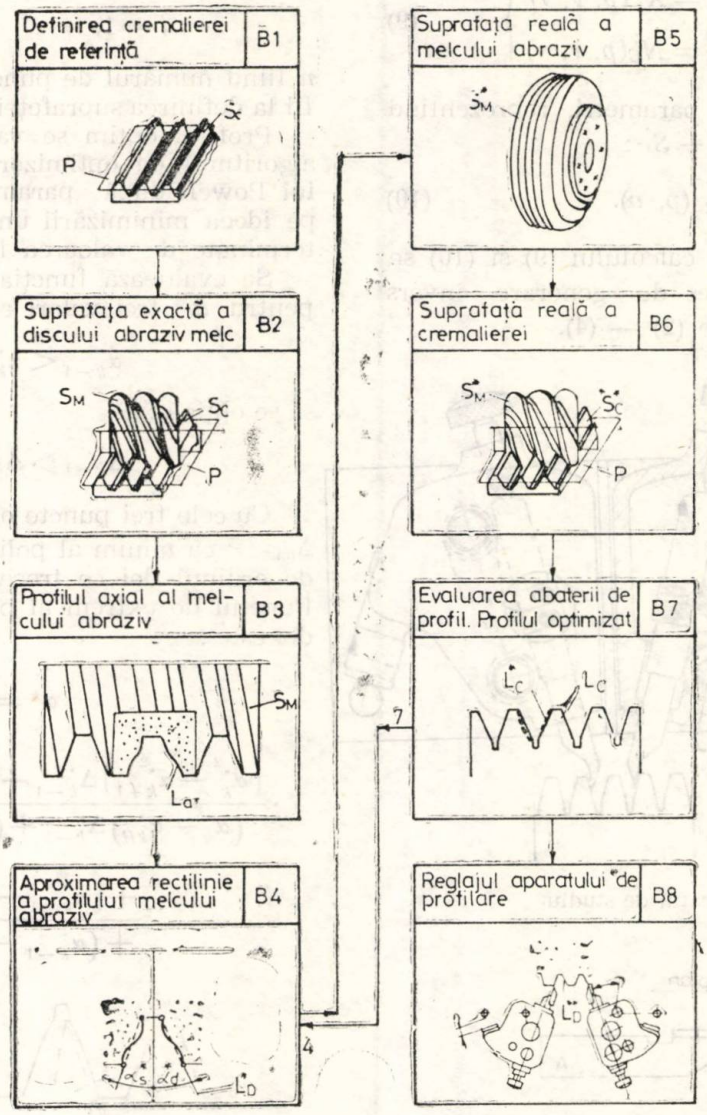


Fig. 1 Schema-bloc pentru studiul profilării sculei abrazive melc, cu dispozitiv cu două diamante plate.

plate prezentat în figura 2 [5]. Acest aparat (fig. 2, a) folosește patru tipuri de diamante — (fig. 2, b). Cu diamantele A și B se pot realiza profile simple și flancate la cap, iar cu diamantele C și D — profile simple, flancate la cap, sau atît pe capul, cît și pe piciorul dinților (fig. 2, c).

Aproximarea rectilinie a profilului X_a (5) se realizează cel mai bine prin dreapta ce trece prin punctele extreme ale profilului $(x_a^A,\ y_a^A;\ x_a^B,\ y_a^B)$, cu unghiul :

$$\alpha^* = \text{arc tg}\,\frac{y_a^A - y_a^B}{x_a^A - y_a^B}, \qquad (6)$$

Evident, celor două flancuri evolventice ale rulmentului S_M (2) corespund două profiluri (7).

Suprafața reală a melcului abraziv. Profilului (7) îi corespunde melcul abraziv real (generat cu sistemul din fig. 2) obținut prin mișcare elicoidală a acestui profil, respectiv :

$$\left.\begin{aligned} X_M^* &= T_{DM} X_D^* = X_M^*(u,\ Hv) \\ N_M^* &= T_{MD} N_D^* = N_M^*(u,\ Hv) \end{aligned}\right\}, \qquad (8)$$

în care H este paramterul elicoidal al melcului S_M, iar v este parametrul transformării elicoidale.

Suprafața reală a cremalierei. Melcul S_M^* (8) generează cremaliera S_C^*;

$$\left.\begin{aligned} X_C^* &= T_{CM} X_M^* = X_C^*(p, v, \nu) \\ N_C^* &= T_{CM} N_M^* = N_C^*(p, v, \nu) \end{aligned}\right\} \quad (9)$$

plus legătura dintre parametri, reprezentînd condiția de contact $S_M^* - S_C^*$:

$$\nu = f_2(p, v). \quad (10)$$

La această etapă a calculului (9) și (10) se obțin printr-un proces de generare invers celui descris în etapele (2) — (4).

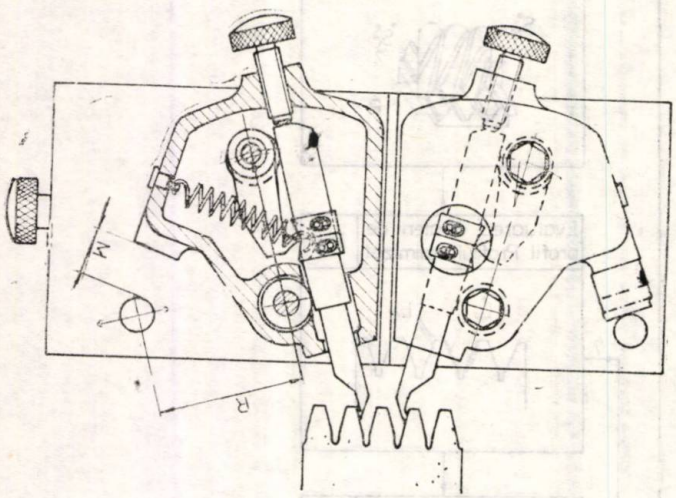


Fig. 2, a Aparatul de studiu.

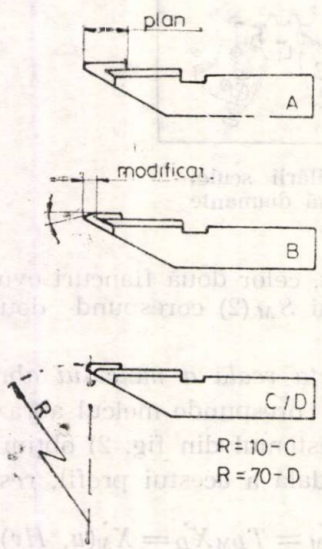


Fig. 2, b Diamante folosite.

Evaluarea abaterii de profil, profilul optimizat. Abaterea de profil se va evalua pe cremalieră, ca diferență între profilurile corespunzătoare cremalierelor (9) și (1), după direcția liniei de referință a profilului :

$$\Delta^* = \mathrm{MAX}(\delta_i) - \mathrm{MIN}(\delta_j), \quad (11)$$

$$i = 1, n \qquad j = 1, n$$

n fiind numărul de puncte considerate pe profil la definirea suprafeței S_C (1).

Profilul optim se va determina folosind algoritmul de optimizare unidimensională al lui Powell după parametrul α^*, fundamentat pe ideea minimizării unei forme patratice determinate de valoarea funcției în trei puncte.

Se evaluează funcția (11) pînă se obțin pentru Δ^* trei valori astfel încît pentru :

$$\alpha_{k-1}^* < \alpha_k^* < \alpha_{k+1}^* \quad (12)$$

să se obțină :

$$\Delta_{k-1}^* > \Delta_k^* < \Delta_{k+1}^* \quad (13)$$

Cu cele trei puncte obținute se aproximează Δ_{min}^* ca minim al polinomului de interpolare de ordinul doi ce trece prin aceste puncte. Punctul de extrem al polinomului de ordinul doi este :

$$\alpha^* = \frac{1}{2} \cdot \frac{\left(\alpha_k^{*2} - \alpha_{k+1}^{*2}\right)\Delta_{k-1}^* + \left(\alpha_{k+1}^{*2} - \alpha_{k-1}^{*2}\right)\Delta_k^* + \left(\alpha_{k-1}^{*2} - \alpha_k^{*2}\right)\Delta_{k+1}^*}{\left(\alpha_k^* - \alpha_{kH}^*\right)\Delta_{k-1}^* + \left(\alpha_{k+1}^* - \alpha_{k-1}^*\right)\Delta_k^* + \left(\alpha_{k-1}^* - \alpha_k\right)\Delta_{k+1}^*} \quad (14)$$

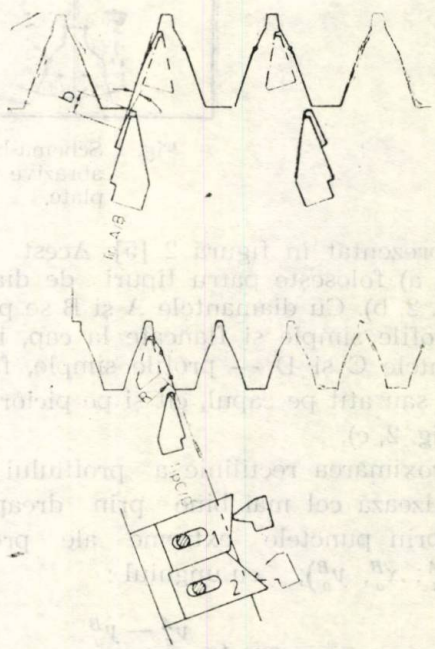


Fig. 2, c Operația de profilare.

căruia îi corespunde o valoare Δ^*. Dacă $|\alpha_k^{\cdot} - \alpha^*| < \varepsilon$ procesul se consideră încheiat. Pentru $|\alpha^* - \alpha_k^{\cdot}| > \varepsilon$ procesul continuă cu trei din cele patru puncte determinate $\Delta_{k-1}^{\cdot}$, $\Delta_k^{\cdot}$, $\Delta_{kM}^{\cdot}$, Δ^*, din care se elimină punctul în care funcția are cea mai mare valoare. Alegerea punctelor se face respectînd o relație de forma (13).

Reglajul aparatului de profilare. Corespunzător profilului optimizat (14), pe baza schemei din figura 2, a, se stabilesc reglajele optime ale aparatului de profilare cu diamante plate.

Algoritmul expus pentru studiul geometric complex al procedeului Reishauer de rectificare a roților dințate cilindrice cu sculă abrazivă melc utilizează teoria matriceal operațională, care are avantajul că oferă o descriere concentrată, iar prin dezvoltare creează posibilitatea tratării numerice pe calculator.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Miloiu, G., Vișa, F.*: Introducere în studiul complex al geometriei ascuțirii frezelor melc. În: Noutăți în proiectarea, tehnologia și exploatarea sculelor așchietoare, Universitatea din Brașov, 1980, p. 202—209.

[2] *Vișa, F., Miloiu, G.*: Cercetări numerice asupra geometriei discului abraziv melc pentru rectificarea roților dințate. In: A V-a sesiune de comunicări tehnico-științifice, 12—13 iulie 1984, Cugir, vol. I, p. 147—153.

[3] *Vișa, F., Miloiu, G.*: Cercetări numerice asupra geometriei discului abraziv pentru rectificarea roților dințate cilindrice. În: Realizări și perspective în proiectarea, execuția și controlul angrenajelor, Craiova, 15—16 mai 1986, vol. II, p. 224—229.

[4] x x x: REISHAUER AG — Zürich, Elveția: Profilieren von Schleifschnecken für Zahnflanken für Zahnflanken — Schleifmaschinen.

[5] x x x: REISHAUER: Machine à dresser et à profiler pour meules-mères.

CZ : 621.91.02

Introducere în studiul complex al sculei abrazive melc de rectificare a roților dințate, profilată cu molete și discuri diamantate*

Dr. ing. Gheorghe **MILOIU**, — Intreprinderea Reșița — Renk
ing. Florin **VIȘA** — Intreprinderea „NEPTUN" Cîmpina

Introducere

Avînd precizie și productivitate, înalte, procedeul de rectificare cu divizare continuă cu disc abraziv melc (procedeul Reishauer) capătă o tot mai largă extindere la rectificarea roților dințate cilindrice de dimensiuni mici și medii (pînă la diametre de 700—800 mm). Pentru rectificarea roților dințate evolventice, discul melc abraziv ar trebui să fie melc evolventic. Practic însă profilarea se face după alte suprafețe: melc arhimedic — la profilarea cu diamante plate, suprafață elicoidală complexă (neanalitică) la profilarea cu molete și discuri diamantate. De aceea, problema centrală a geometriei profilării discului melc abraziv este determinarea reglajului optim al aparatului de profilare.

Profilarea cu molete și discuri diamantate se extinde, fiind mai productivă și mai ieftină decît profilarea cu diamante plate [6]. Discurile diamantate permit modificarea de profil prin reglarea poziției lor, avantaj întlnit și la profilarea cu diamante plate. In schimb, corectarea, la profilarea cu molete, este legată de modificarea geometriei moletei, ceea ce — în cazul moletelor diamantate — înseamnă o altă sculă de profilare. În toate cazurile, realizarea unei precizii înalte a discului abraziv implică optimizarea geometriei și reglajului aparatului de profilare. Pe această linie, [3, 4] sînt lucrări ce depășesc cadrul descriptiv obișnuit și oferă primele rezultate numerice. În [2] se expune metodica optimizării geometriei discului abraziv melc, profilat cu aparat cu diamante plate. Mergînd pe drumul deschis în [2], lucrarea prezentă expune bazele optimizării geometriei moletelor și geometriei și reglajului discurilor diamantate de profilare a discului abraziv melc, întregind introducerea în studiul complex al procedeului Reishauer de rectificare a roților dințate cilindrice.

Notații

Se vor folosi notațiile din [2], cu precizări pentru profilarea cu molete și discuri diamantate.

Simboluri generale

S_a, E_a — suprafață, sistem de corodonate — cu referire la elementul a;

* Lucrare prezentată la al II-lea Simpozion Național „Scule '87", București, 21—22 octombrie 1987.

L, L_k — curbă (profil), curbă caracteristică;

T_{ab} — matrice patrată (4x4) reprezentînd transferul din sistemul E_b în sistemul E_a;

X_a — matrice coloană reprezentînd raza vectoare a punctului curent al suprafeței S_a, de proiecții x_a, y_a, z_a. 1;

N_a — matrice coloană reprezentînd vectorul normală atașat punctului curent al suprafeței S_a, de proiecții n_{xa}, n_{ya}, n_{za}. 0.

Parametri liniari și unghiulari

p, u — parametrii liniari ai cremalierei de referință;

ν — parametrul unghiular al mișcării relative cremalieră — disc melc abraziv;

γ — parametrul unghiular al moletei discurilor;

H — parametrul elicoidal al discului melc abraziv;

v — parametrul transformării elicoidale pe melc.

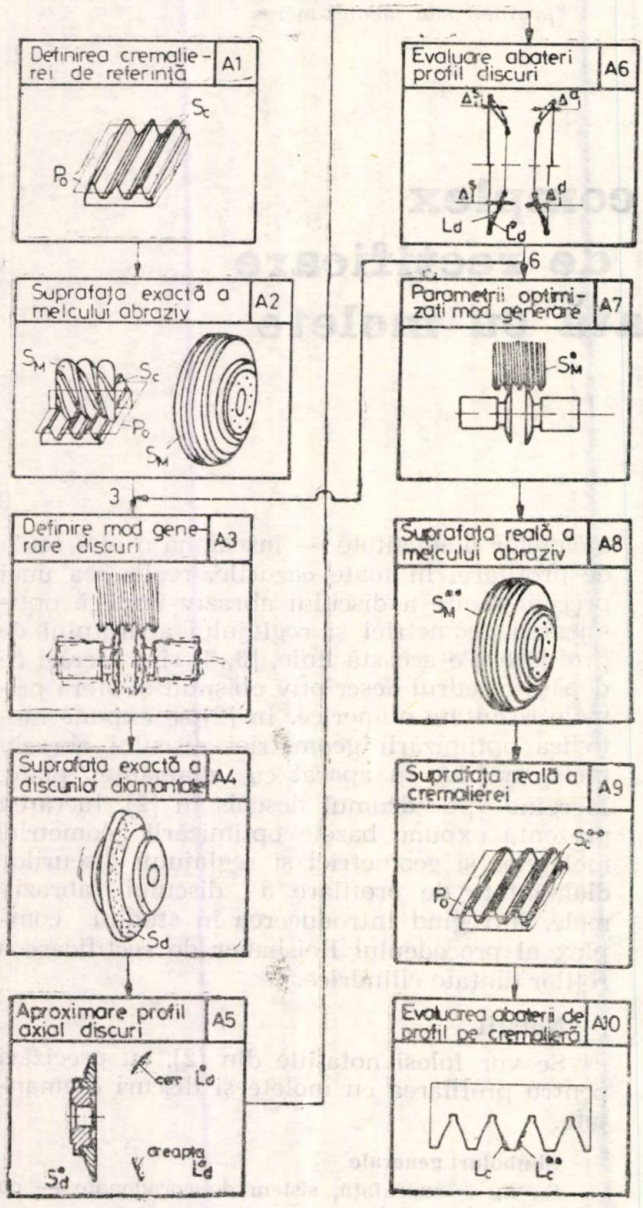


Fig. 1 Schema-bloc pentru studiul sculei generatoare și a discurilor de profilare la rectificarea roților dințate cu sculă abrazivă tip melc.

Indici inferiori

G, M — referitor cremalieră, disc melc abraziv;

m, d — referitor moletă, discuri abrazive de profilare;

D, K — referitor profil rectiliniu, circular.

Indici superiori

$*$ — referitor suprafețe și profiluri de aproximare;

$**$ — referitor soluții optimizare.

Notații speciale

, — simbolul produsului scalar a doi vectori;

. — simbolul produsului vectorial a doi vectori;

fără — produsul $T_{ab}X_b$ reprezintă trecerea vectorului X_b din sistemul E_b în sistemul E_a.

Descrierea metodei

Metoda de studiu a geometriei sculei abrazive melc de rectificare a roților dințate, la profilarea cu molete și discuri diamantate, este sintetizată în schemele-bloc din figurile 1 și 2. Între cele două scheme este o deplină corelare, ceea ce permite o tratare unitară a profilării cu molete și cu discuri diamantate.

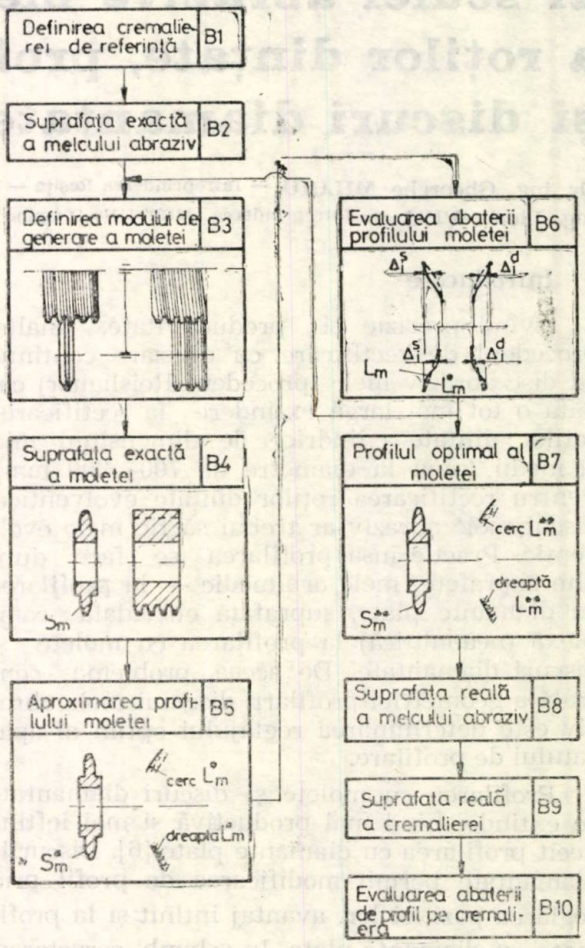


Fig. 2 Schema-bloc pentru studiul sculei generatoare și a moletei de profilare la rectificarea roților dințate cu sculă abrazivă tip melc.

Studiul începe prin definirea cremalierei de referință a roții dințate de prelucrat S_c — blocurile de calcul **A 1**, respectiv **B 1**. Printr-un procedeu de generare cinematică, în blocul următor (**A 2/B 2**), această cremalieră înfășoară suprafața teoretică a discului de rectificat S_M. În blocul **A 3/B 3** se definește modul de generare a discurilor/moletei de profilare, iar în blocul **A 4/B 4** discul S_M generează, tot prin înfășurare, sculele de profilare : discurile S_d, respectiv moleta S_m. Blocul **A 5/B 5** oferă aproximarea profilului exact al discului L_d /moletei L_m cu profilul rectiliniu sau circular L_d^*/L_m^*. În blocul **A 6/B 6** se evaluează abaterea profilului L_d^*/L_m^* față de profilul L_d/L_m. În continuare — blocul **A 7/B 7** — se optimizează parametrii modului de generare : parametrii poziției și profilului discului/profilului optim al moletei, folosind bucla de optimizare 7—3. Corespunzător, în blocul **A 8/B 8** se obține geometria reală a discului abraziv S_M^*. Cu acest disc S_M^*, în blocul **A 9/B 9** se generează cremaliera reală S_c^*. În blocul ultim (**A 10/B 10**) abaterea de profil la generarea roții este evaluată pe cremaliera generatoare S_s^*, indusă de aproximarea de profil din **A 5/B 5**.

Algoritmul de calcul

Definirea cremalierei de referință. Suprafața S_c a cremalierei de referință a roții dințate de rectificat se definește în sistemul E_c prin raza vectoare X_c și normala N_c :

$$X_c = X_c(p, u); \quad N_c = \frac{\partial X_c}{\partial u} \cdot \frac{\partial X_c}{\partial p} = N_c(p, u) \tag{1}$$

Suprafața exactă a discului abraziv melc. Suprafața S_M se exprimă prin expresiile :

$$\begin{aligned} X_M &= T_{MC} X_c = X_M(u, v); \\ N_M &= T_{MC} N_c = N_M(u, v), \end{aligned} \tag{2}$$

în care s-a folosit legătura dintre parametrii u, p și v reprezentată de condiția de contact $S_c - S_M$,

$$N_c, \; T_{CM} \frac{\partial T_{MC}}{\partial v} X_c = 0 \tag{3}$$

Definirea modului de generare. Modul de generare reprezintă ansamblul de parametri care caracterizează poziția relativă a sculei de profilare, față de scula melc abraziv, și este definit prin matricea de transfer a coordonatelor unui punct din sistemul $S_{d/m}$, legat de discuri/moletă și sistemul E_M legat de discul S_M și invers :

$$\begin{aligned} T_{d/m\,M} &= T_{d/m\,M}(C_i); \\ T_{Md/m} &= T_{Md/m}(C_i), \quad i = 1,2 \end{aligned} \tag{4}$$

în care i este numărul de parametri : ψ — unghiul dintre axa discului abraziv (în cazul profilării cu moleta $\psi = 0$). A — distanța dintre dispozitivul de profilare și discul S_M (sau diametrul discului/moletei).

Suprafața exactă a sculei de profilare. Cu S_M din (2) și modul de generare definit prin (4) se generează suprafața exactă a discurilor și moletei de profilare $S_{d/m}$, ceea ce se exprimă prin :

$$\left.\begin{aligned} Z_{d/m} &= T_{d/m\,M} X_M = X_{d/m}(u, C_i) \\ N_{d/m} &= T_{d/m\,M} N_m = N_{d/m}(n, C_i) \end{aligned}\right\}, \tag{5}$$

rezultate din (2) și legătura dintre parametri reprezentată de condiția de contact $S_{d/m} - S_M$

$$k, (X_{d/m} \cdot N_{d/m}) = 0, \tag{6}$$

sau, după dezvoltare :

$$x_{d/m} n_{d/m\,y} - y_{d/m} n_{d/m\,x} = Q(u, v) = 0, \tag{6'}$$

în care k este vectorul axei discului/moletei.

Aproximarea profilului axial și evaluarea abaterii profilului sculei de profilare. Profilul axial $L_{d/m}$ se obține din (5) în planul $z_L = 0$:

$$X_L = \begin{bmatrix} x_L \\ y_L \\ z_L \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{d/m} \\ \sqrt{y_{d/m}^2 + z_{d\,m}^2} \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = X_L(u, C_i) \tag{7}$$

Acest profil se aproximează prin dreaptă sau arc de cerc. La aproximarea rectilinie se folosește dreapta ce trece prin punctele extreme ale profilului — x_{L1}, y_{L1}; x_{Ln}, y_{Ln}, cu unghiul :

$$\alpha^* = \operatorname{arc\,tg}(y_{L1} - y_{Ln})/(x_{L1} - x_{Ln}), \tag{8}$$

de ecuații

$$X_D^* = X_D^*(u, C_i); \quad N_D^* = N_D^*(u, C_i) \tag{9}$$

La aproximarea prin arc de cerc se folosește cercul de cea mai bună aproximare a profilului, definit prin cele n puncte conform (7). În primă aproximație, se definește un cerc C_1 care trece prin trei puncte alese arbitrar din mulțimea punctelor profilului L (7). Într-un punct M_i abaterea (radială) profilului L (7) de la cercul L_1 este :

$$\delta_i = \sqrt{(x_{Li} - a_c)^2 + (y_{Li} - b_0)^2} - \rho_0, \tag{10}$$

în care a_0, b_0 sînt coordonatele centrului cercului, rezultate funcție de coordonatele celor trei puncte admise. Abaterea cumulată va fi diferența valorilor limită ale abaterii (10), care vor fi notate $\delta_{j\,max}$, $\delta_{j\,min}$:

$$\Delta_0 = \delta_{j\,max} - \delta_{j\,min}, \tag{11}$$

unde j poate lua orice valoare între 1 și n. Coordonatele (a, b) ale unui nou cerc ce aproximează mai bine profilul L (7) conduc la abaterea cumulată

$$\Delta = \Phi(a, b) \tag{12}$$

Problema este a calcula coordonatele (a, b) pentru care funcția (12) are valoarea minimă. Soluția se obține prin rezolvarea sistemului de ecuații numerice :

$$\frac{\partial\Phi(a, b)}{\partial a} = 0; \quad \frac{\partial\Phi(a,, b)}{\partial b} = 0 \tag{13}$$

Se adoptă patru puncte învecinate punctului C_0 (a_0, b_0) :

$$C_{a1}(a_0 - \Delta_x, b_0), \quad C_{a2}(a_0 + \Delta_x, b_0),$$

$$C_{b1}(a_0, b_0 - \Delta y), \quad C_{b2}(a_0, b_0 + \Delta y),$$

care vor servi ca noi centre pentru noi cercuri de rază ρ_0. Pentru aceste centre rezultă abaterile cumulate :

$$\Delta_{a1} = \Phi_{a1}(a_0 - \Delta x, b_0); \quad \Delta_{a2} = \Phi_{a2}(a_0 + \Delta x, b_0)$$

$$\Delta_{b1} = \Phi_{b1}(a_0, b_0 - \Delta y); \quad \Delta_{b2} = \Phi_{b2}(a_0, b_0 + \Delta y) \tag{14}$$

Prin metoda diferențelor finite, derivatele parțiale ale funcției $\Phi(a, b)$ în punctul C_0 $(a_0, b_0$ sînt :

$$D_x = (\Delta_{a2} - \Delta_{a1})/(2\Delta_x);$$

$$D_y = (\Delta_{b2} - \Delta_{b1})/(2\Delta_y) \tag{15}$$

Dacă D_x, $D_y > \varepsilon$ ($\varepsilon \neq 0$, ales oricît de mic) se adoptă pașii de iterație P_x, P_y pentru care se atribuie corecții valorii inițiale (a_0, b_0) :

$$a' = a_0 - P_x D_x/|D_x|; \quad b' = b_0 - P_z D_y/|D_y| \tag{16}$$

Se merge pe pașii P_x, P_y pînă cînd D_x și D_y schimbă de semn, apoi se reia iterația cu pașii $P_x/2$ și $P_y/2$ pînă cînd D_x, $D_y < \varepsilon$. Algoritmul (10) — (16) este dezvoltat într-o schemă logică în [1].

Profilul optimizat al moletei. Optimizarea rectilinie se face folosind algoritmul de optimizare al lui Powell, după parametrul α^{**}, fundamentat pe ideea minizării unei forme patratice determinate de valoarea funcției în trei puncte. Acest algoritm de optimizare este dezvoltat în [2].

Optimizarea prin arc de cerc a fost practic descrisă mai sus, în legătură cu algoritmul (10) — (16).

Fie

$$X^{\cdot\cdot}_{D/K} = X^{\cdot\cdot}_{D/K}(u); \quad N^{\cdot\cdot}_{D/K} = N^{\cdot\cdot}_{D/K}(u), \tag{17}$$

profilul optimizat rectiliniu (D) / circular (K).

Parametrii optimizați ai modului de generare cu discuri diamantate. Abaterea cumulată la profilare (rectilinie, circulară), $\Delta^* = \Delta^*(C_i)$ va fi minimă pentru $C_i = C_i^K$. Printr-un proces de optimizare biparametrică se obțin ψ^{**} și A^{**}, deci $T^{\cdot\cdot}_{dM}$, în care ψ și A au fost definiți în legătură cu (4).

Suprafața reală a discului abraziv melc. Printr-un proces de generare, invers celui descris în algoritmul (5) — (6'), $S^{\cdot}_{D/m}$ generează discul abraziv melc optimizat $S^{\cdot\cdot}_M$. Suprafața $S^{\cdot\cdot}_M$ este definită de ecuațiile :

$$X^{**}_M = T_{Mm} X^{**}_m = T_{Mm} T_{mD/K}(\gamma)\, X^{**}_{D/K}(u) =$$

$$= X^{**}_M(u, \gamma); \tag{18}$$

$$X^{**}_M = T^{**}_{Md} X^{*}_d = X^{**}_M(C_i^K, \gamma, u), \tag{19}$$

prima pentru generarea cu moleta, a doua pentru profilarea cu discuri diamantate, în care intervine o legătură suplimentară între parametri, reprezentată de condiția de contact $S^{**}_M - S^{**}_{d/m}$.

Suprafața reală a cremalierei. Se folosește un proces de generare invers celui descris în (1) — (3). Suprațafa cremalierei X_c este definită de :

$$X^{**}_c = T_{cM} X^{**}_M, \tag{20}$$

plus condiția de contact $S^{**}_M - S^{**}_c$:

$$N^{**}_c, \; T_{cM} \frac{\partial T_{Mc}}{\partial \nu} X^{**}_c = 0 \tag{21}$$

Evaluarea abaterii de profilare pe cremalieră. Cunoscînd suprafețele S_c (1) și S^{**}_c (20—21), evaluarea abaterii de profilare se rezumă la calculul valorilor limită (în plan frontal) ale diferenței :

$$\delta_{ci} = y_{ci} - y^{\cdot\cdot}_{ci}, \tag{22}$$

respectiv a abaterii cumulate :

$$\Delta_c = \delta_{ci\,max} - \delta_{ci\,min} \tag{23}$$

Algoritmul expus pentru studiul geometric complex al procedeului Reishauer, de rectificare a roților dințate cilindrice cu sculă abrazivă melc, profilată cu molete și discuri diamantate, utilizează teoria matricelor operațională, care are avantajul că oferă o descriere concentrată, iar prin dezvoltare creează posibilitatea tratării numerice pe calculator.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Bocian, I., Midoiu, G.* : Some aspects of the geometry of the cylindrical gears with circular arc basic profile. In': Forth World Congress of the Theory of Machines and Mechanisms, Newcastle, England, 1975, p. 295—299.

[2] *Miloiu, G., Vișa, F.* : Introducere în geometria rectficării roților dințate cu sculă abrazivă melc profilată cu diamante plate. In : „Construcția de mașini", nr. 6/1988.

[3] *Vișa, F., Miloiu, G.:* Cercetări numerice asupra geometriei discului abraziv melc pentru rectificarea roților dințate. In: A V-a sesiune de comunicări tehnico-științifice, 12—13 iulie 1984, Cugir, vol. I, p. 147—153.
[4] *Vișa, F., Miloiu, G.:* Cercetări numerice asupra geometriei discului abraziv melc pentru rectificarea roților dințate cilindrice. In: Realizări și perspective în proiectare, execuția și controlul angrenajelor, Craiova, 15—16 mai 1986, vol. II, p. 224—229.
[5] x x x: REISHAUER AG — Zürich, Elveția: Profilieren von Schleifschnecken für Zahnflanken — Schleifmaschinen.
[6] x x x: REISHAUER: Dispositif à profiler les meules-mères molletes diamantées SPA.

CZ : 621.91.02

Contribuții la optimizarea procesului de șeveruire

Dr. ing. Vasile **BERINDE** — I.C.S.I.T. „TITAN" București, filiala Baia Mare

Determinarea vitezei de așchiere la șeveruirea cu un șever special

Principiile generale de determinare a vitezei de (șeveruire) așchiere, în cazul șeveruirii cu șeverul special, sînt aceleași, ca și în cazul șeveruirii cu șeverul clasic. Trebuie, totuși, să se țină seamă de influența canelurilor (înclinate, față de suprafața frontală a șeverului), în procesul de șeveruire.

A fost conceput un astfel de șever special, pentru finisarea danturii pinionului, la un balador cu distanța mică între cele două coroane. Aceasta, pentru că nu este posibilă rectificarea sau șeveruirea danturii pinionului prin metodele clasice, deoarece, fie discul de restificat, fie șeverul clasic, nu-și pot realiza mișcările de așchiere din cauza coroanei dințate mari (fig. 1).

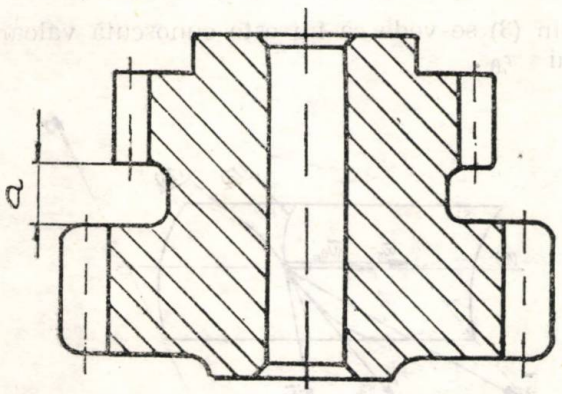


Fig. 1 Grup balador de roți dințate cu distanță axială mică — $a = 4 \ldots 5$ mm.

Șeverul special a fost conceput în scopul arătat mai sus, dar rezultatele obținute în practică au justificat utilizarea acestuia și la șeveruirea unor danturi obișnuite, cu eficiență sporită față de șeverul clasic.

Din aceste considerente, este necesar a se cunoaște viteza de așchiere corespunzătoare mișcării de rotație, care va cuprinde două componente:

— $\vec{W}_n$ este componenta vitezei de așchiere normală la direcția dintelui, datorită mișcării de rotație [6];

$\vec{W}_{\theta a}$ — componenta vitezei de așchiere, ca urmare a mișcării de rotație, în direcția dintelui, datorită înclinării canelurilor în raport cu suprafața frontală.

Așa după cum s-a văzut [6], rezultanta vitezei de așchiere, în cazul șeverului clasic, datorită mișcării de rotație, este compusă dintr-o mișcare de rotație și o mișcare de translație și deci rezultanta va fi o mișcare de șurub.

Mișcările care determină viteza de așchiere, în cazul șeverului special, sînt tot de natura mișcării de șurub, numai că, în acest caz, raportul dintre cele două mișcări — de rotație și translație — este diferit de raportul acestora în cazul șeverului clasic.

În cazul șșeverului special, se ține seama de influența canelurilor înclinate (practicate pe suprafața elicoidală în evolventă a flancurilor) asupra efectului de așchiere.

Influența canelurilor înclinate pe flancurile danturii este favorabilă efectului de așchiere — rodare, pentru că determină creșterea secțiunii de așchiere, ceea ce micșorează presiunea specifică, apărută între flancurile celor două roți în angrenare — sculă și semifabricat.

De asemenea, asigură un echilibru al forțelor ce iau naștere în înfășurarea reciprocă a celor două flancuri, așa cum se vede în figura 2.

Practicarea canelurilor înclinate pe flancurile danturii influențează favorabil viteza de așchiere și, pentru că, un punct de pe muchia canelurii trebuie să parcurgă un spațiu mai mare, în mișcarea lui de alunecare, în același timp și pentru aceleași condiții ca la un șever clasic. Deci, la determinarea parametrilor de așchiere de către unghiul de încrucișare în

angrenarea celor două roți-sculă și roată dințată — (în cazul general și cel al unghiului de înclinație a sculei, în particular), la șeveruirea

Valoarea lui W_n a fost determinată în [6];

$$W_n = \tau_{bs}(\varphi - \operatorname{tg}\alpha_0)(\omega_1 + \omega_2); \qquad (4)$$

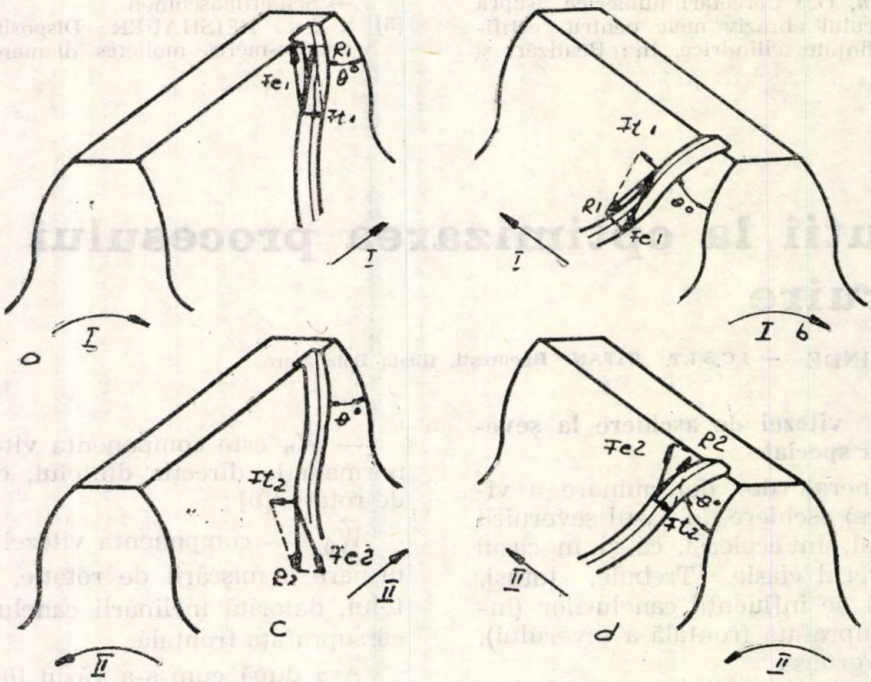


Fig. 2 Acționarea forțelor de așchiere în procesul de șeveruire, în funcție de sensurile de mișcare.

cu șeverul clasic, se va suprapune și influența unghiului de înclinație a canelurilor în raport cu fața frontală a șeverului.

Cum vectorul vitezei de așchiere $\vec{W}_n$ și vectorul $\vec{W}_s$, au fost determinați [6], vom determina, în continuare, componenta mișcării de așchiere $\vec{W}_{\theta a}$, care diferă de aceeași componentă la șeveruirea cu șeverul clasic, pentru condiții de lucru identice.

Utilizînd aceeași metodologie de calcul, ca și la șeverul clasic, se poate scrie :

$$\vec{V}_\theta = \vec{W}_{\theta r} + \vec{W}_s; \quad \vec{W}_{\theta r} = \vec{W}_n + \vec{W}_{\theta a};$$

$$\vec{W}_s = \vec{W}_{s1} + \vec{W}_{s2} \qquad (1)$$

și deci :

$$\vec{V}_\theta = \vec{W}_n + \vec{W}_{\theta a} + \vec{W}_{s1} + \vec{W}_{s2}$$

Din figurile 3 și 4, rezultă :

$$W_{\theta ax} = W_{\theta a} \cdot \sin\beta_s; \quad W_{\theta az} = W_{\theta a} \cdot \cos\beta_s; \qquad (2)$$

$$\vec{W}_{\theta a} = -W_{\theta a} \cdot \sin\beta_s \vec{i} + W_{\theta a} \cdot \cos\beta_s \vec{K};$$

dar : $W_{\theta a} = W_n \cdot \operatorname{tg}\eta\theta$ și $\vec{W}_{\theta a} = -W_n \cdot \operatorname{tg}\eta\theta \cdot$

$$\cdot \sin\beta_s \vec{i} + W_n \cdot \operatorname{tg}\eta\theta \cdot \cos\beta_s \vec{K} \qquad (3)$$

iar : $i = \dfrac{dnx}{\sqrt{(dnx)^2 + (dny)^2 + (dnz)^2}}$

și $\vec{K} = \dfrac{dnz}{\sqrt{(dnx)^2 + (dny)^2 + (dnz)^2}}$

Din (3) se vede că nu este cunoscută valoarea lui η_θ.

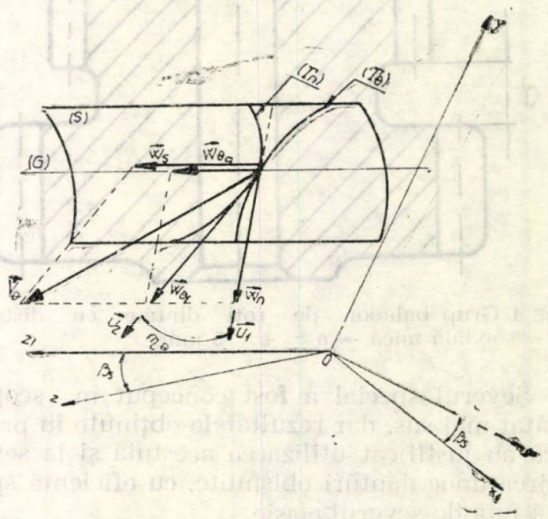


Fig 3 Determinarea vitezei de așchiere în cazul unui șever special.

Viteza de așchiere, datorită mișcării de rotație, la șeveruirea cu șeverul special, va fi cea

de la șeveruirea cu șeverul clasic, plus influența canelurilor înclinate care, se vede din relația (3) că influențează componenta $\vec{W}_{\theta rx}$ și $\vec{W}_{\theta rz}$.

Componenta mișcării de așchiere axială, datorită mișcării de rotație după axa Oy, este egală cu zero, așa cum se poate vedea din descompunerea lui $\vec{W}_{\theta r}$; aceasta este explicabil, deoarece, în caz contrar, cele două roți — scula și semifabricatul — ar ieși din angrenare.

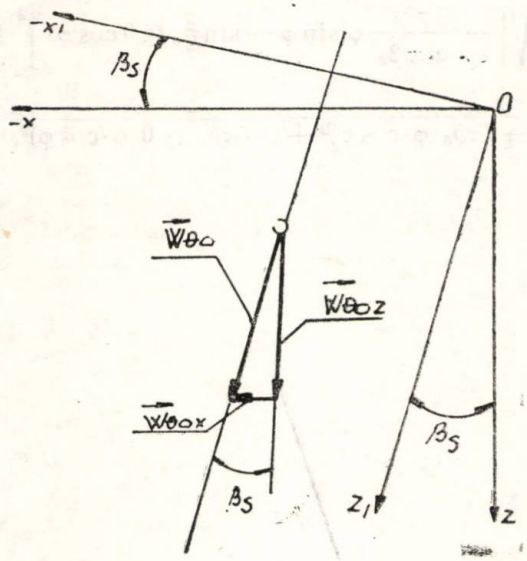


Fig. 4 Determinarea componentei vitezei de așchiere $W_{\theta a}$.

Din relația (3), toate elementele sînt cunoscute din [6], pentru condițiile date, în afara unghiului dintre cei doi vectori, $\vec{W}_{\theta n}$ și $\vec{W}_n$.

Pentru determinarea unghiului η_0 dintre cei doi vectori, se consideră că vectorul $\vec{W}_{\theta r}$ are punctul de aplicație pe traiectoria canelurii (Γ_0), dar face unghiul η_0 cu vectorul $\vec{W}_n$, deoarece traiectoria canelurilor la șeverul clasic s-a obținut intersectînd suprafața evolventă cu un plan paralel cu planul $x\,Oy$, iar traiectoria canelurilor înclinate s-a obținut intersectînd aceeași suprafață, cu un plan înclinat, în raport cu fața frontală, cu unghiul θ.

Unghiul η_0 este variabil și se va determina conform figurii 3.

Considerăm doi vectori $\vec{U}_1$ și $\vec{U}_2$ care au direcțiile lui $\vec{W}_n$ și respectiv $\vec{W}_{\theta r}$; se poate scrie :

$$|\vec{U}_1| = 1\,; \quad |\vec{U}_2| = 1,$$

$$\vec{U}_1 = U_{1x}\vec{i} + U_{1y}\vec{j} + U_{1z}\vec{k}$$

$$U_{1x} = |\vec{U}_1| \cos(\vec{U}_1, \vec{i}) = \frac{dx}{\sqrt{(dx)^2 + (dy)^2 + (dz)^2}}\,;$$

$$U_{1y} = |\vec{U}_1| \cos(\vec{U}_1, \vec{j}) = \frac{dy}{\sqrt{(dx)^2 + (dy)^2 + (dz)^2}}\,;$$

$$U_{1z} = |\vec{U}_1| \cos(\vec{U}_1, \vec{K}) = \frac{dz}{\sqrt{(dx)^2 + (dy)^2 + (dz)^2}}\,;$$

$$U_{2x} = |\vec{U}_2| \cos(\vec{U}_2, \vec{i}) =$$

$$= \frac{d\theta x}{\sqrt{(d\theta x)^2 + (d\theta y)^2 + (d\theta z))^2}}\,;$$

$$U_{2y} = |\vec{U}_2| \cos(\vec{U}_2, \vec{j}) =$$

$$= \frac{d\theta y}{\sqrt{(d\theta x)^2 + (d\theta y)^2 + (d\theta z)^2}}\,;$$

$$U_{2z} = |\vec{U}_2| \cos(\vec{U}_2, \vec{K}) =$$

$$= \frac{d\theta z}{\sqrt{(d\theta x)^2 + (d\theta y)^2 + (d\theta z)^2}}\,;$$

$$\vec{U}_1 \cdot \vec{U}_2 = |\vec{U}_1|\,|\vec{U}_2| \cos(\vec{U}_1 \cdot \vec{U}_2) = \cos \eta\theta,$$

$$\cos(\vec{U}_1, \vec{U}_2) = \frac{U_{1x} \cdot U_{2x} + U_{1y} \cdot U_{2y} + U_{1z} \cdot U_{2z}}{|\vec{U}_1|\,|\vec{U}_2|},$$

sau :

$$\cos \eta\theta = U_{1x} \cdot U_{2x} + U_{1y} \cdot U_{2y} + U_{1z} \cdot U_{2z}$$

Formula desfășurată a unghiului $\eta\theta$ va fi :

$$\eta\theta = \arccos \frac{dz}{\sqrt{(dx)^2 + (dy)^2 + (dz)^2}} \cdot$$

$$\cdot \frac{d\theta x}{\sqrt{(d\theta x)^2 + (d\theta y)^2 + (d\theta z)^2}} +$$

$$+ \frac{dy}{\sqrt{(dx)^2 + (dy)^2 + (dz)^2}} \cdot$$

$$\cdot \frac{d\theta y}{\sqrt{(d\theta x)^2 + (d\theta y)^2 + (d\theta z)^2}} +$$

$$+ \frac{dz}{\sqrt{(dx)^2 + (dy)^2 + (dz)^2}} \cdot$$

$$\cdot \frac{d\theta z}{\sqrt{(d\theta x)^2 + (d\theta y)^2 + (d\theta z)^2}}$$

unde :

dx, dy, dz sînt diferențialele relației curbei (Γ);

$$dx = -\tau b_s \cos \beta_s \varphi \cdot \sin \varphi\,;$$

$$dy = \tau b_s \cdot \varphi \cdot \cos \varphi\,;$$

$$dz = -\tau b_s \sin \beta_s \varphi \cdot \sin \varphi_i\,;$$

iar, pentru determinarea lui $d\theta x$, $d\theta y$, $d\theta z$ se va diferenția relația curbei canelurilor înclinate ($\Gamma\theta$);

$$x = -\frac{\tau b_s}{\cos\beta_s}(\sin\varphi - \varphi\cdot\cos\varphi) -$$

$$-\sin\beta_s \operatorname{tg}\theta(\cos\varphi + \varphi\cdot\sin\varphi) - \operatorname{tg}\beta\cdot x_2;$$

$$y = \tau b_s(\cos\varphi + \varphi\cdot\sin\varphi);$$

$$z = -\tau b_s\cdot\operatorname{tg}\theta(\cos\varphi + \varphi\cdot\sin) + \lambda_2,$$

și se obține :

$$d\theta x = -\frac{\tau b_s}{\cos\beta_s}\varphi(\sin\varphi - \sin\beta_s\operatorname{tg}\theta\cdot\cos\varphi);$$

$$d\theta y = \tau b_s\cdot\varphi\cdot\cos\varphi;$$

$$d\theta z = \tau b_s\cdot\operatorname{tg}\theta\varphi\cdot\cos\varphi$$

Înlocuind datele de mai sus și notînd :

$$N = \sqrt{[-\tau b_s\cos\beta_s\varphi(\sin\varphi)^2 + (\tau b_s\varphi\cdot\cos\varphi\cdot}$$

$$\overline{\cdot(-\tau b_s\cdot\sin\beta\cdot\varphi\sin\varphi)]^2\cdot}$$

$$\cdot\sqrt{\left|-\frac{\tau b_s}{\cos\beta_s}\varphi(\sin\varphi - \sin\beta_s\operatorname{tg}\theta\cos\varphi)\right|^2 +}$$

$$\overline{+(\tau b_s\cdot\varphi\cdot\cos\varphi)^2 + (-\tau b_s\cdot\operatorname{tg}\theta\cdot\varphi\cdot\cos\varphi)^2},$$

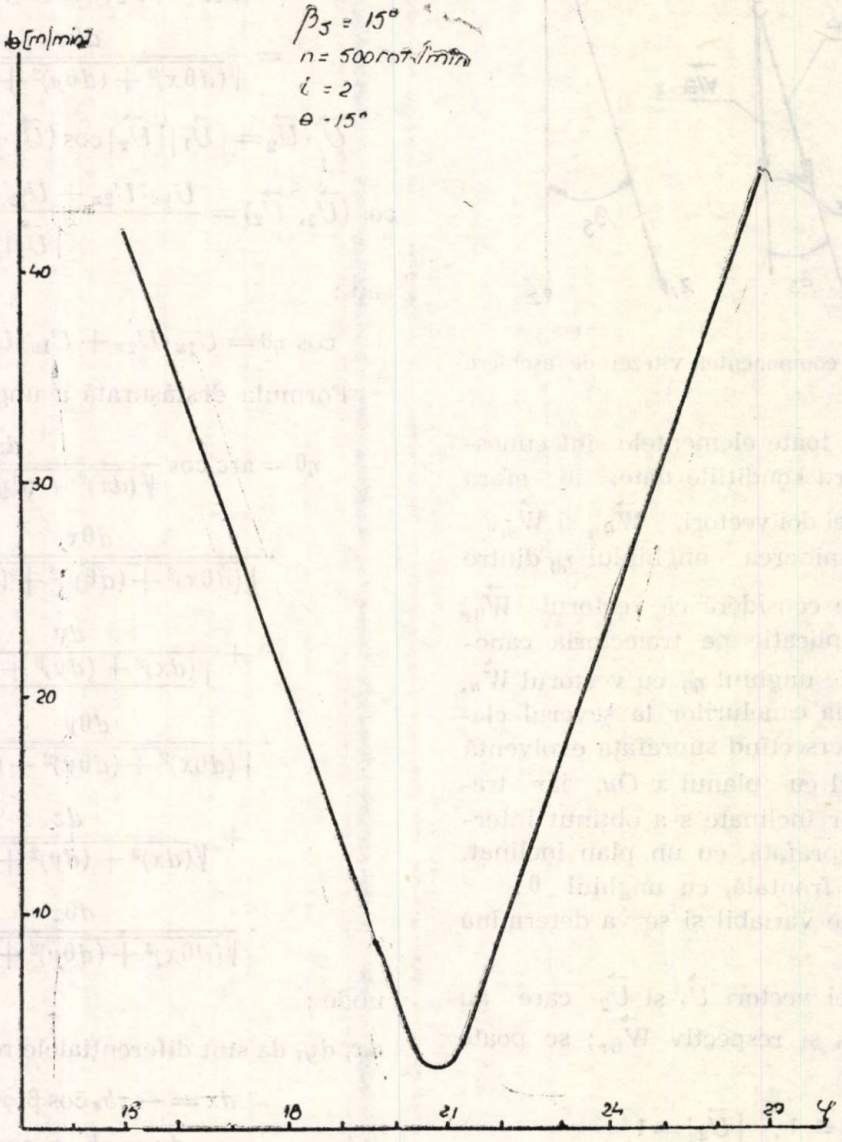


Fig. 5 Alura vitezei de așchiere în cazul șeverului special.

rezultă :

$$\eta_1\theta = \frac{1}{N}\left\{(-\tau b_s \cos\beta_s \cdot \varphi \cdot \sin\varphi)\cdot\right.$$

$$\cdot\left[-\frac{\tau b_s}{\cos\beta_s}\varphi(\sin\varphi - \sin\beta_s \cdot \operatorname{tg}\theta \cdot \cos\varphi)\right] +$$

$$+(\tau b_s \varphi \cdot \cos\varphi) + [(-\tau b_s \cdot \sin\beta_s \varphi \cdot \sin\varphi)\cdot$$

$$\left.\cdot(-\tau b_s \operatorname{tg}\theta + \varphi\cos\varphi)]\right\}$$

Vectorul vitezei de așchiere, datorită mișcării de translație fiind același ca și în cazul șeverului clasic, se poate scrie : [6] :

$$\vec{V}_\theta = \vec{W}_{\theta\tau} + \vec{W}_s = (W_{\theta\tau s}\vec{i} + W_{\theta\tau y}\vec{j} + W_{\theta\tau z}\vec{k}) +$$

$$+(W_{sx}\vec{i} + W_{sy}\vec{j} + W_{sz}\vec{k}),$$

și :

$$V_{\theta x} = \frac{\tau b_s(\varphi - \operatorname{tg}\alpha_0)\omega_1 + \omega_s)}{\sqrt{(dnx)^2 + (dny)^2 + (dnz)^2}}\cdot$$

$$\cdot dnx - \tau b_s(\varphi - \operatorname{tg}\alpha_0)\cdot(\omega_1 + \omega_s)\operatorname{tg}\eta\theta\cdot\sin\beta_s -$$

$$-\frac{s}{60}\left(\frac{\omega_s \cdot \tau b_s}{\cos\alpha_0 \cdot \sin\beta_s} + 1\right)\sin\beta_s,$$

$$V_{\theta y} = \frac{\tau b_s(\varphi - \operatorname{tg}\alpha_0)(\omega_1 + \omega_s)}{\sqrt{(dnx)^2 + (dny)^2 + (dnz)^2}} dny$$

$$V_{\theta z} = \frac{\tau b_s(\varphi + \operatorname{tg}\alpha_0)(\omega_1 + \omega_s)}{\sqrt{(dnx^2 + (dny^2 + (dnz)^2}}\cdot dnz +$$

$$+\tau b_s(\varphi - \operatorname{tg}\alpha_0)(\omega_1 + \omega_s)\operatorname{tg}\eta_\theta \cdot \cos\beta_s +$$

$$+\frac{s}{60}\left(\frac{\omega_s \cdot \tau b_s}{\cos\alpha_0 \cdot \sin\beta_s} + 1\right)\cos\beta_s,$$

$$V_\theta = \sqrt{V_{\theta x}^2 + V_{\theta y}^2 + V_{\theta z}^2}$$

Modul de variație a vitezei de așchiere pe înălțimea dintelui, în cazul șeveruirii cu șeverul special, cu caneluri înclinate, se poate vedea în figura 5.

Această analiză s-a făcut pe înălțimea activă a flancului dintelui, pentru că fenomenele cele mai complexe, în cadrul procesului de așchiere — rodare, se petrec pe această suprafață.

Analiza parametrilor de așchiere în acest domeniu a stabilit rezultate foarte bune, atît cantitativ, cît și calitativ, după efectuarea a peste 350 probe practice.

Această analiză a permis elaborarea mai multor variante de combinații între parametrii șeverului, introduse pe calculator, care, apoi, au scos în evidență două domenii optime, în cadrul șeveruirii cu șeverul special.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Ananiev, N.I.* : Factorî Vliaiuşcie na Kacestvo povernosti pri şevingovanii. (Factorii care influențează calitatea suprafeței la șeveruire). În : Culegere. Progresiv Tehnologii mașinostroitteli, Fascicula 3, Tula, 1958, P. 116—126.

[2] *Avram, M.* : Cîteva căi pentru îmbunătățirea rezistenței la uzură a roților dințate din fontă. În Metalurgia și Construcția de mașini, nr. 7, 1961, București.

[3] *Bakondi, K.* : A fogàntoló szerszámok forgácsolás feltételeinek elemése. (Analiza condițiilor de așchiere a sculelor de șeveruire). În : Gép nr. 5, 1964, Budapesta p. 169—175.

[4] *Berinde, V.* : Șeveruirea danturii roților dințate Comunicare la „Simpozionul Construcția de Mașini-Unelte" de la Oradea, martie, 1963.

[5] *Berinde, V.* : Șever cu caneluri înclinate. Comunicare la Sesiunea Științifică, Cluj-Napoca, mai, 1959.

[6] *Berinde, V* : Determinarea vitezei de așchiere la severuire cu șever clasic. În : Construcția de Mașini.

[7] *Berinde, V., Bologan, V.* : Șeveruirea danturii roților dințate după cementare. În: Construcția de Mașini, nr. 9, București, 1963, p. 622—628.

[8] *Duca, Z.* : Analiza unghiurilor active ale tăișului în procesul de așchiere. In: Metalurgia și Construcția de Mașini, nr. 11, 1961, București.

[9] *Dudley, V.* : Zahnräder. Berechnunng.. nach amerikanischen Erfarung. (Roți dințate. Calcul. Proiectare și prelucrare după experiența americană). Berlin, Springer — Verlag, 1961.

[10] *Filipescu, D., Grecu, E., Medințu, P.* : Matematici generale, București.

[11] *Ganea, M., Berinde, V.* : Contribuții la șeveruirea roților dințate. În: Mașini-Unelte și Prelucrarea Metalelor, nr. 6, 1971, București.

[12] *Henriet, G.* : La cinématique et la dinamique du Shaving. În : Buletin de la Société d'Etudes de l'Industrie de l'Engrenage, nr. 18, Paris, iunie, 1952. (Cinematica și dinamica șeveruirii).

[13] *Kallnardt, K.* : Vorteil und greuzen des Zahnraderschabens Zu Maschinenwelt. nr. 1, 1967, p. 5—11 (Domeniul de utilizare și avantajele șeveruirii).

[14] *Krupala, I.* : Înlocuirea rectificării prin șeveruire la roțile dințate cementate. În : Buletinul Construcția de Mașini, nr. 4, 1957, (Tradus din Strojirenka Viroba, nr. 5, 1957).

[15] *Newman, I.R.* : Mowto design geare that capne chaven. În : Machinery, nr. 1, 1967, S.U.A. (Proiectarea roților dințate care se șeveruiesc).

CZ : 621.75 : 621.951

Aspecte tehnologice și cinematice legate de execuția burghielor în trepte, din burghie normale

Conf. dr. ing. Csaba **GYENGE** — Institutul Politehnic Cluj-Napoca
Ing. Mircea **ANCAU** — Întreprinderea de Prospecțiuni și Exploatări Geologice — Deva
Ing. Partenie **MACARIE** — Centrul Teritorial de Calcul Electronic Cluj-Napoca

Introducere

Una din principalele tendințe în industria constructoare de mașini este utilizarea, la parametri maximi, a mașinilor cu comandă numerică, a centrelor de prelucrare, a mașinilor agregat etc., ceea ce necesită obținerea de scule complexe, cu implicații în creșterea productivității și eficienței în procesul de prelucrare. Una din sculele complexe, extrem de utilizate, este burghiul în trepte.

Acesta este format din serii de tronsoane de diametre diferite, fiecare tronson respectînd geometria constructivă a unui burghiu obișnuit. Burghiul în trepte permite realizarea

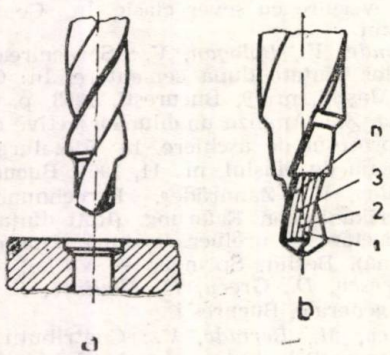


Fig. 1 Burghiul în trepte : a — construcție și mod de lucru ; b — formarea feței de așezare elicoidală.

unui alezaj profilat într-o singură operație (fig. 1. a), față de metodele clasice, care reclamă multiple parcursuri de poziționare, productivitate și precizie scăzută etc. Metoda economică de realizare a acestor scule constă în formarea lor din burghie elicoidale normale. Operațiile necesare formării treptelor de diametru mai mic sînt :

— rectificarea cilindrică a tronsoanelor de diametru mai mic ;

— rectificarea de detalonare axială pentru realizarea feței de așezare pentru tăișul de trecere (intermediar), dintre cele două diametre ;

— rectificarea de detalonare axială, pentru realizarea feței de așezare pe porțiunea cilindrică.

Dintre cele trei operații, probleme deosebite se pun la cea de-a treia, datorită dificultății de acces a sculei în această zonă. Realizarea feței de ghidare are loc prin îndepărtarea succesivă a unor porțiuni de material de formă elicoidală (fig. 1, b).

Pentru ca discul abraziv să aşchieze o porțiune elicoidală de pe spatele dintelui burghiului, acesta din urmă, trebuie să execute o mișcare elicoidală cilidrică, ceea ce se realizează cu ajutorul unui dispozitiv special.

Analiza cinematică a mecanismului cu came pentru imprimarea mișcării elicoidale

Dispozitivul pentru rectificarea elicoidală a feței de așezare a burghiului în trepte este format dintr-un suport fix **S** cu o rolă **R** , prins de sania longitudinală care realizează poziționarea burghiului față de discul abraziv **D**. Pe axul **B** introdus în consola **K**, legată de suportul **S**, este fixat, cu posibilitate de oscilație, întregul suport portburghiu (reprezentat cu linie groasă în figură). Pe axul **A**, care este în prelungirea manetei de acționare, este fixată cama **C**, care comandă basculareа întregului suport în jurul bolțului **b**. Mișcarea de rotație a camei este transmisă printr-un angrenaj de roți conice $z_1/z_2 = 1$ și un angrenaj cilindric $z_3/z_4 = 1/2$ la bucșa elastică **B** . Bucșa elastică se rotește în lagărele **L**, iar mecanismul cu șurub piuliță S_p servește pentru reglarea poziției axiale a burghiului. Astfel, peste mișcarea de basculare comandată de cămă, se suprapune o mișcare de rotație a burghiului, din combinarea cărora rezultă mișcarea elicoidală necesară rectificării feței de așezare. Poziția burghiului la începutul rectificării este reprezentată cu linii întrerupte și această poziție se reglează prin acționarea manetei **M**, care la rîndul său rotește un ax filetat, care se sprijină în bolțul fix **b** și, ca urmare, piulița legată de întreg suportul de lucru se deplasează în jurul axei șurubului, paralelă cu axa burghiului.

În timpul rectificării feței de așezare, sub formă de segmente elicoidale, paralele cu fața burghiului, contactul instantaneu dintre porțiunea activă a discului abraziv **D**, din

figura 2 și suprafața prelucrată are loc după o curbă spațială de lungime mică. Pentru rectificarea întregii fațete, curba de contact trebuie

$$\varepsilon_x = 2\arccos\left(\sqrt{p(p - O_DM)/OO_D \cdot OM}\right); \quad (3)$$

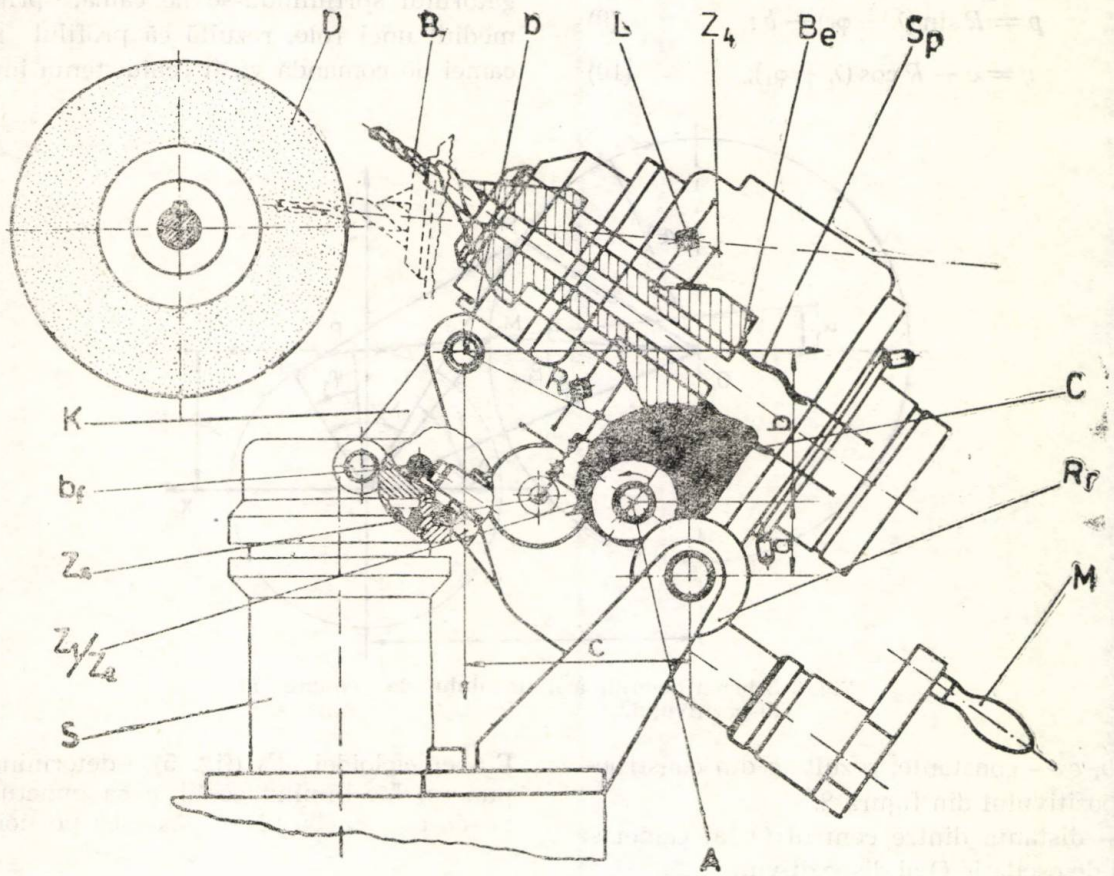


Fig. 2 Schema cinematică a dispozitivului de detalonat burghie în trepte.

să execute, în raport cu burghiul, o mișcare axială, corelată cu rotația acestuia din urmă, astfel ca să rezulte parametrul elicoidal impus. După cum s-a menționat anterior, mișcarea axială relativă se obține prin basculareа suportului portburghiu, în fața discului abraziv.

Pentru a asigura mișcarea elicoidală cu parametrul impus de burghiu, este necesară determinarea unghiului de pivotare a dispozitivului, în funcție de unghiul de rotație al camei, această determinare fiind posibilă pe baza considerentelor geometrice din figura 3. În urma efectuării calculelor rezultă :

$$\varphi_1 = \beta_2 + \varepsilon_x + \lambda_x - (90^\circ + \alpha_1); \quad (1)$$

unde unghiul α_1 este dat constructiv, în funcție de dimensiunile de gabarit ale lagărelor iar unghiurile β_2, ε_x, λ_x se determină la rîndul lor, pe baza considerentelor geometrice din figură, după cum urmează :

$$\beta_2 = \operatorname{arc\,tg}(y_D/x_D); \quad (2)$$

$$\lambda_x \operatorname{arc\,tg}(MP/OP); \quad (4)$$

$$p = 0{,}5(O_DM + OM + OO_D); \quad (5)$$

Datorită basculării axei burghiului în jurul originii 0 a sistemului xOy legat de dispozitiv, va avea loc o deplasare a punctului de contact dintre burghiu și disc, în direcția axei burghiului, de valoare :

$$\Delta_1 = \theta_b \cdot p_e/360^\circ = |\overline{MP}| - \overline{M_0P_0}|, \quad (6)$$

în care :

θ_b — unghiul de rotație al burghiului în jurul axei sale ;

p_e — pasul elicoidal al burghiului.

Pentru analiza cinematică a mecanismului se atașează acestuia sistemele de coordonate x_0Oy_0, $x_{20}O_1y_{20}$, $x_2O_2y_2$ (fig. 4). Față de sistemul mobil $x_2O_2y_2$ legat, de camă, coordonatele centrului rolei **M**, se determină cu relațiile :

$$x_2 = (a - p)\cdot\sin\varphi_2 + q\cdot\cos\varphi_2; \quad (7)$$

$$y_2 = (a - p)\cdot\cos\varphi_2 - q\cdot\sin\varphi_2; \quad (8)$$

unde p și q sînt ordonata respectiv abscisa punctului O_2 față de O_1, în sistemul $x_c o y_0$ și se calculează cu relațiile :

$$p = R\sin(\lambda + \varphi_1) - b; \qquad (9)$$

$$q = c - R\cos(\lambda + \varphi_1), \qquad (10)$$

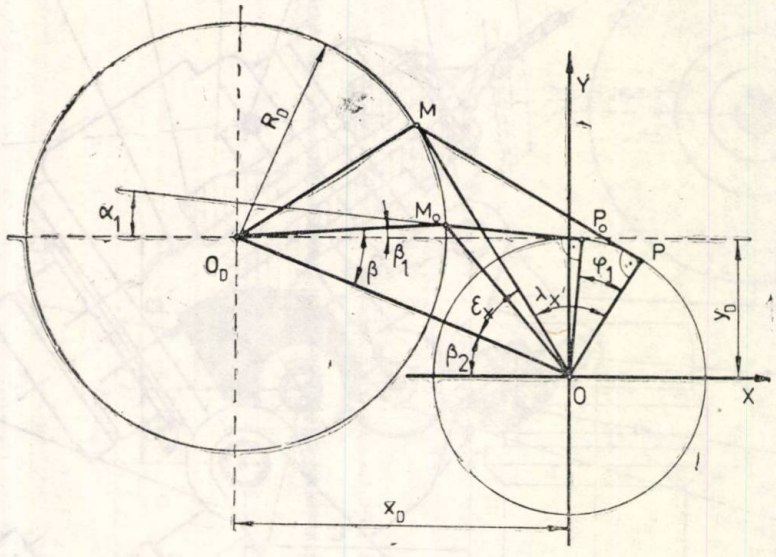


Fig. 3 Schema determinării unghiului de pivotare al dispozitivului.

iar a, b, c — constante, rezultate din construcția dispozitivului din figura 2.

R — distanța dintre centrul O_2 al camei și central de oscilație O al dispozitivului ;

λ — unghi de poziție ;

φ_1 — unghiul de pivotare al dispozitivului ;

φ_2 — unghiul de rotație al camei.

Deoarece mișcările de rotație ale centroidelor legate de sistemele $x_c o y_0$, respectiv

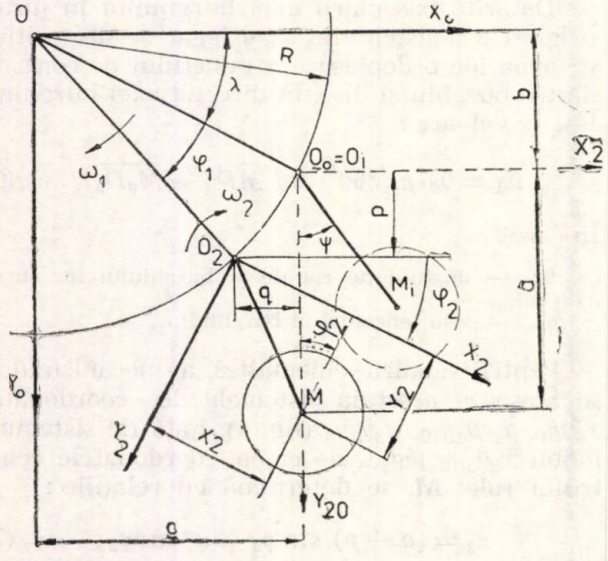


Fig. 4 Axele de cordonate aferente mecanismului cu came.

$x_2 o_2 y_2$ din figura 3 sînt de sens opus, rezultă că traiectoria teoretică a punctului **M** va fi o epicicloidă alungită sau scurtată. Pîrghia culegătorului sprijinindu-se pe camă, prin intermediul unei role, rezultă că profilul real al camei de comandă va fi echidistanta interioară Γ a epicicloidei Γ_0 (fig. 5), determinate de punctul M. Punînd condiția ca punctul N_i de pe această curbă să se găsească pe normala n

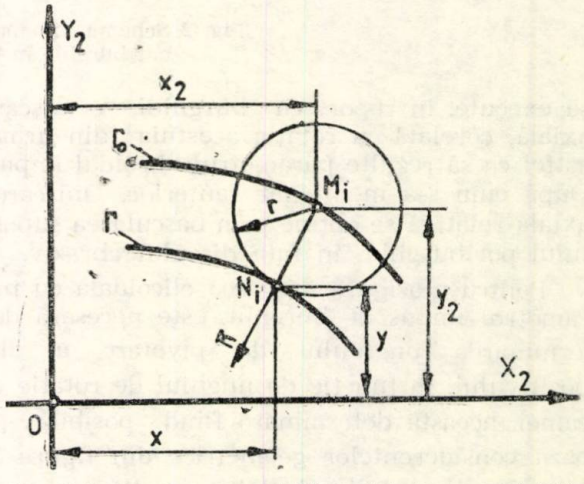


Fig. 5 Determinarea echidistanței la epicicloidă.

la curba Γ_0, la o distanță egală cu raza r a rolei, curba efectivă a camei, pe baza considerentelor geometrice din figură, va fi definită de ecuațiile :

$$x = x_2 + k_1 \cdot r\left(\left|y_2'/x_2'\right|\right)/\sqrt{1+(y_2'/x_2')^2} \qquad (11)$$

$$y = y_2 + k_2 \cdot r\left(1/\sqrt{1+(y_2'/x_2')^2}\right); \qquad (12)$$

unde x_2 și y_2 sînt defintie de ecuațiile (7), (8), iar k_1 și k_2 sînt constante ce țin cont de jocul semnelor în cele patru cadrane :

$$k_1 = \begin{cases} 1 \text{ dacă } x_2 < 0 \\ -1 \text{ dacă } x_2 > 0 \end{cases} \qquad (13)$$

$$k_2 = \begin{cases} 1 \text{ dacă } y_2 < 0 \\ -1 \text{ dacă } y_2 > 0 \end{cases}$$

iar x'_2 și y'_2 sînt derivatele de ordinul 1 ale ecuațiilor parametrice (7), (8) ale curbei Γ_0, în funcție de variabila φ_2 definită anterior.

Datele necesare camei nr. 1

Tabelul 1

X_D, [mm]	Y_D, [mm]	α_1 [grade]	β_1, [grade]	β_2, [grade]	ψ, grade
125	56	5	3,22	24,13	35,7
λ, [grade]	r, [mm]	a, [mm]	b, [mm]	c, [mm]	R, [mm]
10,88	39,8	80	19	98,85	100,66

Rezultate experimentale

În vederea acoperirii unei game dimensionale de burghie cu diametre cuprinse între 2 și 32 mm și unghiul elicei ω, cuprins între 0° și 45°, am ales 12 pași elicoidali cuprinși

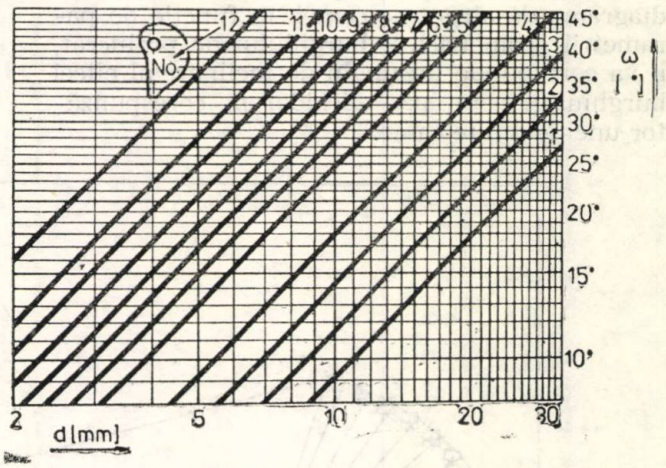


Fig. 6 Diagrama camelor de comandă.

între 21 și 196 mm. Fiecărui pas elicoidal impus îi corespunde o camă, ce se alege din figura 6, în funcție de parametrii geometrici ai burghiului ce vrem să-l prelucrăm. În funcție de pasul

Coordonatele caracteristice punctelor de pe profilul camei nr. 1

Tabelul 2

Număr punct	FI 2 [grade]	XC [mm]	YC [mm]	RC [mm]	XE [mm]	YE [mm]	RE [mm]
1	0.000	0.075	79.609	79.609	0.051	53.609	53.609
2	10.000	14.060	74.303	75.621	9.226	48.756	49.621
3	20.000	26.385	66.943	71.955	16.851	42.754	45.955
4	30.000	36.788	57.897	68.596	22.844	35.952	42.596
5	40.000	45.077	47.559	65.527	27.191	28.688	39.527
6	50.000	51.134	36.341	62.732	29.941	21.279	36.732
7	60.000	54.913	24.661	60.196	31.195	14.009	34.196
8	70.000	56.443	12.922	57.903	31.099	7.120	31.903
9	80.000	55.817	1.512	55.837	29.827	0.808	29.837
10	90.000	53.191	—9.218	53.983	27.572	—4.778	27.983
11	100.000	48.772	—18.955	52.326	24.538	—9.536	26.326
12	110.000	42.813	—27.435	50.849	20.922	—13.407	24.849
13	120.000	35.601	—34.449	49.539	16.916	—16.369	23.539
14	130.000	27.444	—39.845	48.382	12.696	—18.433	22.382
15	140.000	18.665	—43.531	47.364	8.419	—19.635	21.364
16	150.000	9.588	—45.471	46.471	4.224	—20.030	20.471
17	160.000	0.529	—45.689	45.692	0.228	—19.690	19.692
18	170.000	—8.213	—41.305	45.014	—3.469	—18.695	19.014
19	180.000	—16.365	—44.259	44.429	—6.788	—17.133	18.429
20	190.000	—23.688	—36.990	43.925	—9.666	—15.095	17.925
21	200.000	—29.977	—31.513	43.494	—12.057	—12.675	17.494
22	210.000	—35.073	—25.098	43.128	—13.929	—9.967	17.128
23	220.000	—38.860	—17.985	42.820	—15.265	—7.065	16.820
24	226.000	—40.473	—13.486	42.661	—15.806	—5.267	16.661

elicoidal p_e corespunzător camei, se calculează lungimea maximă l_t a treptei ce se poate prelucra la fiecare burghiu :

$$l_t = p_e \cdot \theta_b / 360^\circ ; \qquad (14)$$

Lungimea l_t este proprie fiecărei came. Pe diagrama de alegere a camei, în funcție de parametrii geometrici ai burghiului de prelucrat, îi va corespunde un unghi de înclinare al elicei burghiului la un pas elicoidal p_e corespunzător unei anumite came.

de cel corespunzător lui p_e cu 1^0, variația lățimii fațetei de ghidare obținute ε_f este de 0,2 mm la o lungime de 10 mm a porțiunii de burghiu prelucrat. La alegerea camelor, în ipoteza în care parametrul elicoidal p_e al burghiului de prelucrat diferă de cei din diagramă, sînt de preferat abateri ale unghiului elicei ω și nu ale diametrului burghiului, pentru că, acest caz, abaterea lățimii fațetei de ghidare este mai mică.

Avînd în vedere varietatea de burghie elicoidale, am ales un domeniu de pași elicoidali

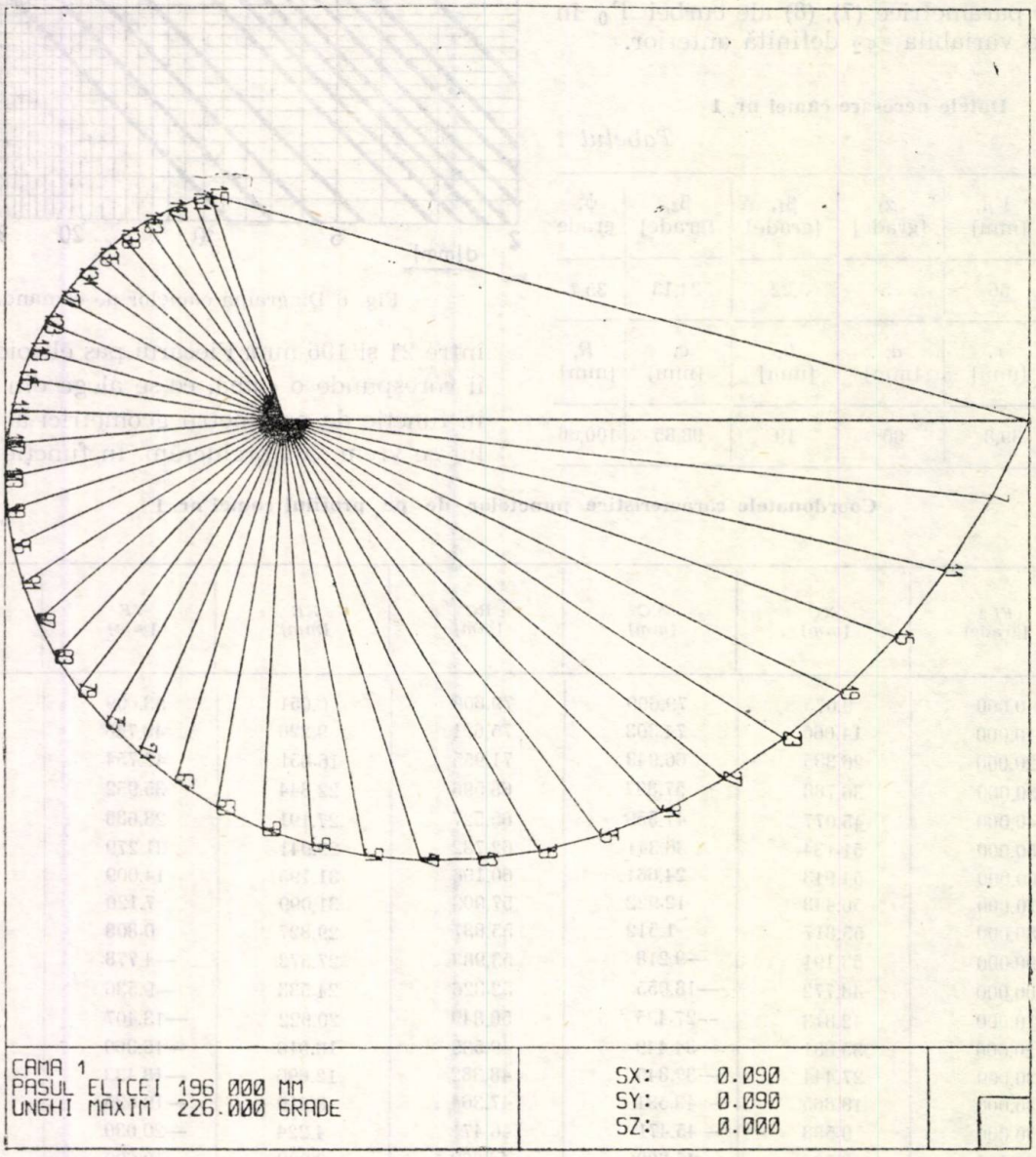


Fig. 7 Profilul activ al camei nr. 1, trasat pe plotter.

Cu aceeași camă se pot prelucra, în condiții de precizie ridicată, toate burghiele ce posedă același pas elicoidal p_e al elicei. În condițiile în care, la un pas elicoidal p_e, pentru un diametru d, unghiul de înclinare al elicei ω diferă cărora le corespunde un număr de came, necesare realizării burghielor în trepte dorite. În tabelul 1, se prezintă datele inițiale necesare obținerii camei 1, căreia îi corespunde un pas elicoidal $p_e = 196$ mm. Efectuînd calculele,

fiecărei valori a unghiului φ_1 de rotație al culegătorului îi va corespunde o valoare a unghiului de rotație a camei φ_2, conform tabelului 2 de rezultate, în care s-au extras din listing

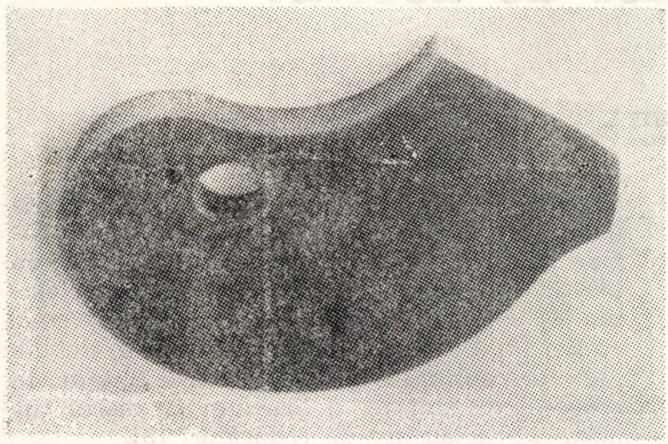


Fig. 8 Cama nr. 1 decupată prin electroeroziune.

Curbele de legătuă și cele pasive fiind arce de cerc și segmente de linie dreaptă, ca în figura 9, programarea prelucrării lor nu a ridicat nici o problemă deosebită. Precizia dimensională realizată pe porțiunile active, este de ± 10 μm, iar calitatea suprafeței de R_a = = 0,8 μm, ca urmare, după această prelucrare nu mai este necesară nici o operație suplimentară de finisare.

Concluzii

Rezultatele cercetărilor analitice, numerice și experimentale prezentate mai sus au permis definirea numerică exactă a camelor de comandă ale dispozitivului de rectificat burghie în trepte, cît și realizarea lor parctică în condiții tehnologice moderne.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Gyenge, Cs., Ancău, M., Bărăbanț, V.*: Studiul tehnologiei de execuție burghielor în trepte pentru strungurile automate, Sesiunea de comunicări tehnico-științifice, Craiova, 11—12 noiembrie, 1983.

[2] *Gyenge, Cs., Ancău, M., Suciu, A.*: Determinarea analitică a profilelor camelor de comandă a dispozitivului de detalonat burghie în trepte, al mașinii de ascuțit burghie, Sesiunea de comunicări tehnico-științifice, Cluj-Napoca, 18 noiembrie 1983.

[3] *Maros, D.*: Mecanisme Cluj-Napoca, Atelierul de multiplicare al PCI—N, 1980.

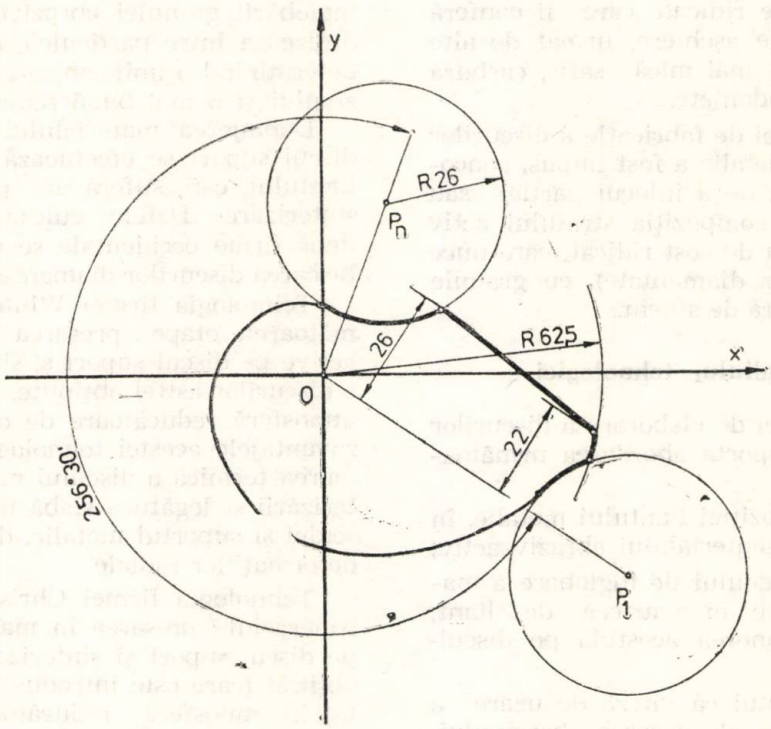


Fig. 9 Modul de închidere a profilului camelor.

coordonatele cîtorva puncte de pe profilul camei 1. În figura 7, se poate observa profilul camei 1, ce rezultă ca o înfășurătoare la cercurile ce reprezintă pozițiile succesive ale rolei.

Pe baza ecuațiilor stabilte și a coordonatelor obținute, s-a întocmit un program de prelucrare pe mașina de decupat cu electrod filiform tip AGIECUT, cu ajutorul căreia s-au realizat camele (fig. 8).

CZ : 621.922

Probleme ale modernizării tehnologiei de fabricație a discurilor de debitat cu liant metalic

Conf. dr. ing. Aurel **BREȘTIN**, șef lucr. ing. Mihai **GHIȚĂ**,
asist. ing. Mihai **OPREA** — Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara

Introducere

Una dintre metodele convenționale prin care se poate realiza debitarea materialelor cu duritate și rezistență la uzură, mari, este așchierea cu scule abrazive, care au ca parte activă un agregat compus din grăunți abrazivi activi, înglobați într-o matrice de liant depus pe un disc — suport metalic.

Din grupul materialelor abrazive active, locul cel mai important este ocupat de diamant, datorită durității sale ridicate care îi conferă proprietăți optime de așchiere, urmat de alte materiale cu duritate mai mică : safir, carbură de siliciu (SiC), corindon etc.

Studiul tehnologiei de fabricație a discurilor de debitat ca liant metalic a fost impus, concomitent cu încercarea de a înlocui parțial sau total diamantul din compoziția stratului activ (datorită prețului său de cost ridicat, care duce la scumpirea sculelor diamantate), cu granule de safir sau de carbură de siliciu.

Probleme ale studiului tehnologiei

Studiul tehnologiei de elaborare a discurilor cu liant metalic comportă abordarea următoarelor probleme :

— alegerea compoziției liantului metalic, în funcție de duritatea materialului abraziv activ;

— alegerea procedeului de înglobare a materialului abraziv activ în matricea de liant, concomitent cu depunerea acestuia pe discul-suport.

Este cunoscut faptul că viteza de uzare a liantului, v_{UL} și viteza de uzare a abrazivului, v_{UA}, trebuie să se afle în relația

$$\frac{v_{UL}}{v_{UA}} = 1 \ldots 1{,}1 \qquad (1)$$

pentru ca, prin uzare, liantul să elibereze noi vîrfuri și muchii tăietoare abrazive, pe de o parte, și pentru ca uzarea sculei să nu crească în mod exagerat, pe de altă parte [1]. Ținînd seama de relația (1), se constată că, utilizînd un material abraziv activ cu duritate relativ scăzută, deci cu viteză de uzare relativ mare, este necesară utilizarea unui liant cu viteză de uzare relativ mare, deci cu o plasticitate micșorată. Pentru un liant care are în compoziție cupru și staniu, se poate obține scăderea plasticității prin creșterea procentului de staniu [2], sau prin înlocuirea unei părți a acestuia cu fier [3]. În cazul introducerii fierului, trebuie luate precauțiuni împotriva oxidării acestuia în procesul de aplicare a liantului pe discul suport, prin adăugare de reducători [3].

Pe de altă parte, în compoziția aliajului se poate introduce argint [3], metal care, în timpul înglobării granulei abrazive în masa liantului, difuzează între particulele de cupru și staniu determinînd o uniformizare a distribuției abrazivului și o mai bună fixare a granulei.

Depunerea materialului abraziv activ pe discul suport se efectuează prin intermediul liantului, care suferă un proces de presare-sinterizare. Datele culese din documentația unor firme occidentale se referă numai la fabricarea discurilor diamantate.

Tehnologia firmei Winter [4] prevede următoarele etape : presarea în matriță a părții active pe discul-suport și sinterizarea în pachet a discurilor astfel obținute, presate axial, într-o atmosferă reducătoare de oxid de carbon. Dezavantajele acestei tehnologii constau în deformarea termică a discului metalic în timpul sinterizării și legătura slabă între partea activă a sculei și suportul metalic, din cauza nelimitării deformațiilor radiale.

Tehnologia firmei Christensen [5] urmează itinerariul : presarea în matriță a părții active pe discul suport și sinterizarea discului astfel obținut (care este introdus în cuptor cu matrița) în atmosferă reducătoare. Dezavantajele acestei tehnologii constau în deformarea termică a discului în timpul sinterizării și legătura slabă între partea activă a sculei și suportul metalic din cauza nelimitării deformațiilor axiale. În cazul ambelor tehnologii, este dificil controlul riguros al temperaturii de sinterizare.

În tendința de îmbunătățire a aderenței între granula abrazivă și liantul metalic, unele tehnologii prevăd, înainte de presare-sinterizare, încapsularea granulei într-o folie metalică de diverse grosimi, fapt care determină creșterea sensibilă a prețului de cost al sculelor. Totodată, în urma încercărilor experimentale, s-a

constatat o diminuare a productivității prelucrării, fapt pus pe seama incapacității metalului, în care este încapsulată granula abrazivă, de a se adapta vitezei de uzare a acesteia și a liantului, viteza de uzare a foliei fiind prea mică.

Pornind de la aspectele negative precizate mai sus, autorii lucrării au procedat la elaborarea unei tehnologii care să permită sinterizarea prin influențare termică doar a zonei active a sculei, într-un dispozitiv care realizează limitarea deformațiilor atît în direcție axială, cît și în direcție radială. Presarea se realizează în matriță, conform tehnologiilor descrise anterior, în timp ce sinterizarea se realizează prin inducție (fig. 1), dispozitivul construit fiind rotit între vîrfuri pe un strung SNA 500×1000. Instalația de inducție, plasată pe același strung, folosește un inductor semicircular lucrînd cu o frecvență de pînă la 8000 Hz.

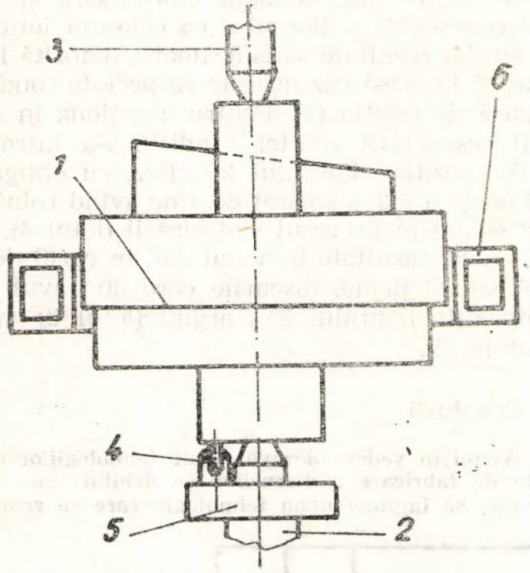


Fig. 1 Schema de principiu a sinterizării prin încălzire inductivă.

Avantajele tehnologiei descrise constau în :

— discul-suport nu se deformează termic, deoarece încălzirea inductivă acționează doar pe o grosime (măsurată radial de la periferia sculei) egală cu lățimea părții active ;

— obținerea unei campactități a materialului abraziv și a unei aderențe îmbunătățite a acestuia pe discul-suport ;

— concepția constructivă a instalației realizate permite controlul cu precizie al temperaturii de sinterizare, prin posibilitatea utilizării pirometrului electronic.

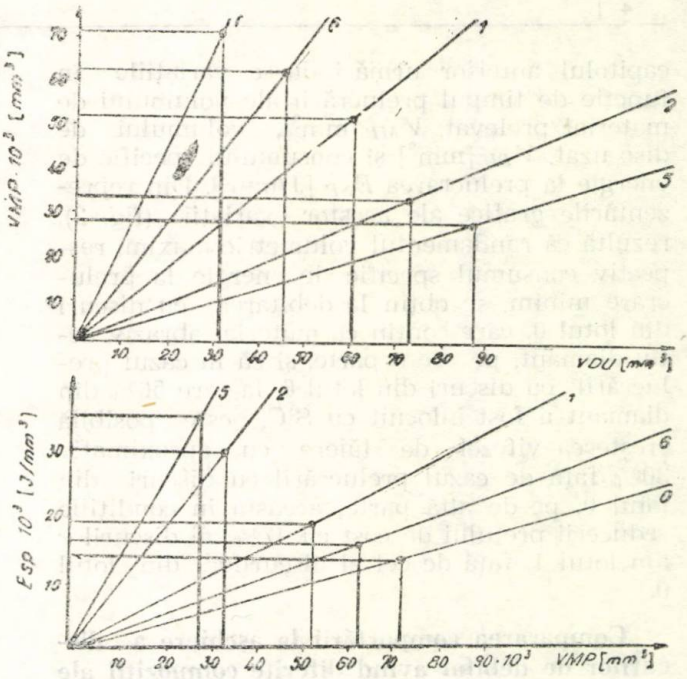


Fig. 2 Variația volumului de material prelevat (*V.M.P.*), volumului de disc uzat (*V.D.U.*) și consumului specific de energie la prelucrare (E_{SP}) în funcție de timpul prelucrării.

Compararea comportării la așchiere a discurilor de debitat cu liant metalic avînd diferite compoziții ale materialului abraziv activ

Studiul a fost efectuat la debitarea safirului artificial pe loturile de discuri 0 . . . 6 (tab. 1), avînd diferite compoziții ale materialului abraziv activ, fabricate cu tehnologia descrisă la

Tabelul 1

Nr. lot	Compoziția materialului abraziv activ	Compoziția liantului
0	100% diamant	90% Cu + 8% Sn + 2% Fe
1	50% diamant + 50% safir	90% Cu + 8% Sn + 2% Fe
2	50% diamant + 50% safir	89,8% Cu + 8% Sn + 2% Fe + 0,2% stearat de zinc
3	100% safir	89,8% Cu + 8% Sn + 2% Fe + 0,2% Si
4	50% safir + 50% SiC	90% Cu + 8% Sn + 2% Fe
5	100% SiC	90% Cu + 8% Sn + 2% Fe
6	50% diamant + 50% SiC	90% Cu + 8% Sn + 2% Fe

Tabelul 2

Nr. lot	Compoziția materialului abraziv activ	Compoziția liantului
0	100% diamant	90% Cu + 10% Sn
1		90% Cu + 10% Sn
2	50% diamant + 50% safir	90% Cu + 8% Sn + 2% Ag
3		90% Cu + 8% Sn + 2% Fe
4		89,8% Cu + 8% Sn + 2% Fe + 0,2% stearat de zinc

capitolul anterior urmărindu-se variațiile în funcție de timpul prelucrării ale volumului de material prelevat, V_{MP} [mm^3], volumului de disc uzat, V_{DU} [mm^3] și consumului specific de energie la prelucrarea E_{SP} [J/mm^3]. Din reprezentările grafice ale acestor variații (fig. 2), rezultă că randamentul volumetric maxim, respectiv consumul specific de energie la prelucrare minim, se obțin la debitarea cu discuri din lotul 0, care conțin ca material abraziv activ diamant, pe de o parte, și că în cazul prelucrării cu discuri din lotul 6, la care 50% din diamant a fost înlocuit cu SiC, este posibilă creșterea vitezei de tăiere cu aproximativ 30% față de cazul prelucrării cu discuri din lotul 0, pe de altă parte, aceasta în condițiile reducerii prețului de cost cu 47%, al discurilor din lotul 1, față de cel al discurilor din lotul 0.

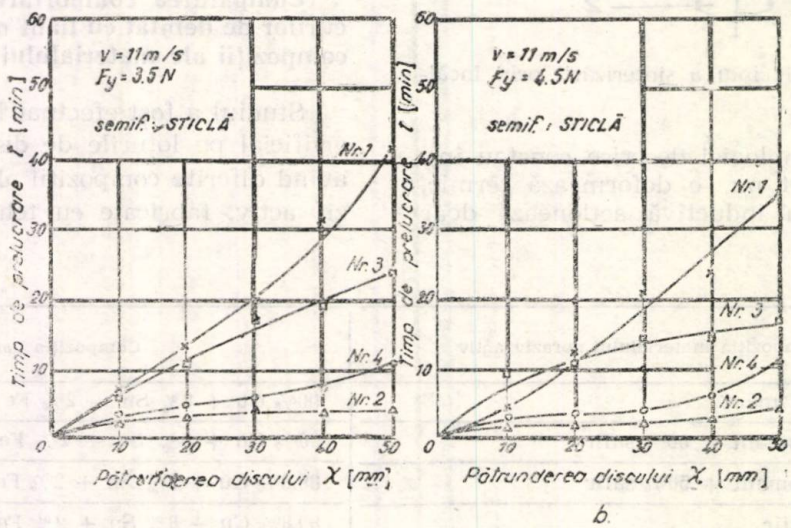
Compararea comportării la așchiere a discurilor de debitat având diferite compoziții ale liantului metalic

Studiul a fost efectuat la debitarea sticlei plane cu discurile din loturile 0 ... 4 (tab. 2), având diferite compoziții ale liantului metalic, funcție de pătrunderea discului x [mm], având ca parametri viteza de așchiere v [m/min] și forța radială F_y [N] (fig. 3).

Din reprezentările grafice ale acestor variații, rezultă superioritatea incontestabilă a discurilor care au în compoziția stratului activ 100% diamant, lotul 0. Spre deosebire de acestea, discurile din lotul 1, care au material abraziv activ 50% diamant + 50% safir și aceeași compoziție a liantului ca cele din lotul 0, nu au dat rezultate satisfăcătoare, datorită faptului că în acest caz nu este respectată condiția impusă de relația (1). Pentru a acționa în spiritul respectării acestei condiții, s-a introdus în compoziția liantului 2% fier, cu obligația adăugării a 0,2% stearat de zinc având rolul de dezoxidant în procesul sinterizării (lotul 4). De asemenea, rezultate bune au dat, în cazul debitării sticlei plane, discurile care au avut în compoziția liantului 2% argint (lotul 2; vezi capitolul 2).

Concluzii

Având în vedere dezavantajele tehnologiilor existente de fabricare a discurilor de debitat cu liant metalic, se impune noua tehnologie care se remarcă



b

Fig. 3 Variația timpului de prelucrare (t) în funcție de pătrunderea discului (x).

fabricate cu tehnologia descrisă, urmărindu-se variația timpului de prelucrare t [min], în

prin încălzirea inductivă, în timpul sinterizării, doar a părții active a discului, fixat într-un dispozitiv, cu

rol de limitare în direcție radială și axială a deformațiilor termice, precum și de îmbunătățire a compactității și aderenței acesteia la suportul metalic.

Pe de altă parte, în condițiile necesității micșorării prețului de cost al acestor discuri (prin înlocuirea unei părți a granulelor de diamant) și valorificării deșeurilor de safir, se remarcă rezolvarea problemei compoziției optime o liantului metalic, în funcție de compoziția materialului abraziv activ.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Contantinescu, V.:* Contribuții la elaborarea materialelor abrazive cu lianți metalici, Cluj, Lito, I.P. Cluj, 1972.

[2] *Oprea, M.:* Asupra tehnologiei de confecționare a discurilor de debitat cu liant metalic, Simpozionul „Implicarea cercetării științifice în dezvoltarea și modernizarea proceselor tehnologice din construcția de mașini", Sibiu, 1986.

[3] *Brestin, A. ș.a.:* Studiul influenței tehnologiei de confecționare a discurilor abrazive cu liant metalic, utilizate la debitarea produselor de sticlă, A 2-a Conferință Națională „Echipamente și tehnologii noi în industria constructoare de mașini", Craiova, 1987.

[4] x x x: Prospecte ale firmei „Ernest Winter & Sohn" (GmbH & Co), Hamburg, 1984.

[5] x x x: Prospecte ale firmei „Christensen Inc", New York, 1981.

CZ : 621.79.023.2

Aspecte teoretice ale prelucrării mecanice cu alice

Conf. dr. ing. Constantin D. **STĂNESCU**, șef lucrări ing. Maria **PETRESCU**, ing. principal Constantin **PETRESCU** — Institutul Politehnic București

Introducere

Prelucrarea mecanică cu alice a pieselor metalice, cunoscută puțin în literatura străină de specialitate sub denumirea de **shot-peening**, este un procedeu tehnologic modern, ce s-a impus în ultimii ani, cu deosebită frecvență, în industria de automobile și aeronautică.

În acest context, literatura de specialitate din țara noastră nu oferă, pînă în prezent, date cu privire la acest procedeu, deși, încă din anul 1976, prelucrarea mecanică cu alice se aplică, cu deosebit succes, în întreprinderile constructoare de automobile și aeronautice din țară.

Acest procedeu constă în proiectarea printr-o duză, cu viteză mare, pe suprafața pieselor metalice, a alicelor de oțel, fontă sau de sticlă, cu ajutorul aerului comprimat, sub o presiune maximă de 8 bari.

Dimensiunea alicelor poate varia de la 0,1 mm pînă la 1,3 mm și chiar 2 mm. Întreg procesul tehnologic trebuie realizat, în condiții riguros controlate.

Parametrii tehnologici ce trebuie controlați sînt următorii :

— presiunea aerului pentru proiectarea alicelor ;

— dimensiunea și viteza alicelor ;

— distanța și unghiul de proiectare a alicelor, în raport cu suprafața pieselor supuse prelucrării.

Prin aplicarea acestui procedeu, se îmbunătățesc considerabil proprietățile fizico-mecanice ale pieselor metalice supuse solicitărilor dinamice și agenților corozivi, de exemplu : rezistența mecanică la oboseală și rezistența la coroziune atmosferică, sau chimică.

Printre piesele care sînt prelucrate cu alice se pot număra : axe, arbori, biele, resorturi pentru came, arcuri cu foi sau elicoidale, bare de torsiune, roți dințate, supape, culbutori, suduri etc.

Menționăm că acest procedeu nu trebuie confundat cu operațiile de sablare, de curățire, sau de decalaminare.

Aspectul energetic al prelucrării mecanice cu alice

Studiile teoretice [4, 5] privind fenomenele ce se petrec în timpul prelucrării mecanice cu alice introduc în legea impulsului un coeficient de șoc k.

$$\bar{p} = (1 - k)\ m\ \bar{v}_0 \qquad (1)$$

unde :

$\bar{p}$ este valoarea impulsului alicelor (cantitatea de mișcare);

m — masa alicelor;

$\bar{v}_0$ — viteza de impact (incidență) a alicelor.

Variația energiei de lovire la prelucrarea mecanică cu alice, transformată în deformare plastică a materialului prelucrat, poate fi exprimată prin relația :

$$\Delta E_0 = \frac{1}{2} m(v_0^2 - v_1^2) \qquad (2)$$

unde v_1 este viteza reflectată a alicelor ;

Scriind relația (2) sub altă formă rezultă :

$$\Delta E_0 = \frac{1}{2} m v_0^2 \left(1 - \frac{v_1^2}{v_0^2}\right) \tag{3}$$

Notînd :

$$k = \frac{v_1}{v_0}, \tag{4}$$

rezultă :

$$\Delta E_0 = \frac{1}{2} m v_0^2 (1 - k^2) \tag{5}$$

În cazul general (fig. 1), dacă alicele cad pe supafața piesei supusă prelucrării sub un unghi

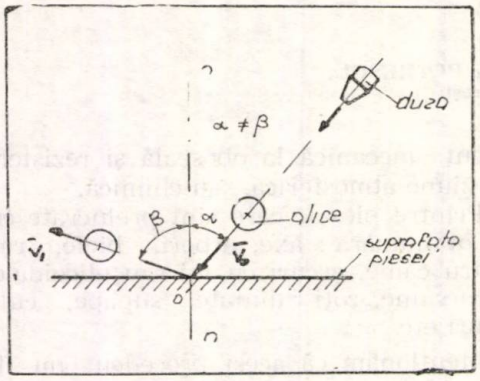


Fig. 1 Schema căderii alicelor pe suprafața pieselor prelucrate.

de incidență α, în raport cu normala la suprafață, atunci se poate scrie expresia vitezei reflectate v_1 sub forma :

$$v_1 = v_0 \sqrt{k^2 + \operatorname{tg}^2 \alpha \cos \alpha} \tag{6}$$

Înlocuind expresia vitezei reflectate v_1 din relația (6) în relația (3) rezultă :

$$\Delta E_1 = \frac{1}{2} m v_0^2 [1 - \cos^2 \alpha (k^2 + \operatorname{tg}^2 \alpha)] \tag{7}$$

Randamentul variației energiei de deformare în raport cu șocul normal va fi :

$$\gamma = \frac{\Delta E_1}{\Delta E_0} = \frac{1 - (k^2 + \operatorname{tg}^2 \alpha) \cos^2 \alpha}{1 - k^2} \tag{8}$$

În cazul prelucrării pieselor cu geometrie complexă, cum ar fi de exemplu resorturile elicoidale, se poate determina randamentul mediu al variației energiei de deformare pentru toate suprafețele cu relația :

$$\eta_{med} = \frac{1}{2} \frac{1}{R} \int_0^R \eta(r)\, dr \tag{9}$$

unde R este raza spirei resortului elicoidal.

Acest calcul simplu arată influența geometriei pieselor asupra eficacității prelucrării mecanice cu alice.

În continuare, se poate determina intensitatea prelucrării mecanice cu alice în raport cu energia incidentă utilizînd relația (10).

$$I = n v_0 t \Delta E_0 \tag{10}$$

unde :

n este numărul de alice ce lovesc suprafața piesei ;

v_0 — viteza de impact (incidență) a alicelor;

t — timpul considerat în care alicele lovesc suprafața piesei;

ΔE_0 — variația energiei de lovire în timpul prelucrării.

Din relația (10) rezultă că produsul $n v_0 t$ reprezintă cantitatea de alice antrenate cu viteza v_0, ce lovesc suprafața piesei într-un timp t.

Făcînd înlocuirea expresiei variației energiei de deformare plastică ΔE_0 din relația (10), cu expresia din relația (5) rezultă :

$$I = n v_0^2 t \frac{m}{2} (1 - k^2) \tag{11}$$

Analizînd relația (11) se constată că reprezintă produsul a două funcții și anume :

$$I = f_1 f_2 \tag{12}$$

unde :

$$f_1 = n v_0^2 t \frac{m}{2} \tag{13}$$

$$f_2 = 1 - k^2 \tag{14}$$

în care :

f_1 este funcția dependentă de condițiile prelucrării mecanice;

f_2 — funcția dependentă numai de natura alicelor și a piesei supusă prelucrării mecanice.

Aceste relații teoretice pun în evidență influența relativă a parametrilor cantitativi ai alicelor, a debitului alicelor și a vitezei de lovire a acestora.

Se observă că, parametrul care influențează considerabil prelucrarea cu alice este viteza de lovire, exprimată în relațiile de mai sus prin pătratul său.

În literatura de specialitate [5], se arată că în cazul alicelor și pieselor dure, variația energiei este mult mai mare, iar durata șocului mult mai mică.

De asemenea, dacă alicele au o duritate mică, duritatea pieselor prelucrate nu influențează foarte mult intensitatea șocului.

Aspectul ecruisării superficiale și al apariției rezistențelor radiațiilor acustice

Aceste aspecte se pot observa ușor pe probele metalografice realizate din piese prelucrate mecanic cu alice.

Cele mai importante aspecte, puse în evidență de probele metalografice, sînt distorsiunile grăunților de metal. Stratul de metal deformat plastic poate avea o grosime între 0,1 și 1 mm, în raport cu intensitatea prelucrării, și cu natura materialului prelucrat.

Dacă materialul prelucrat este ecruisabil, atunci fenomenul de ecruisare superficială mărește considerabil duritatea acestuia.

De exemplu, un oțel cu 0,3% C, care are duritatea $HV = 207$ înainte de prelucrare, după prelucrare poate avea $HV = 242$.

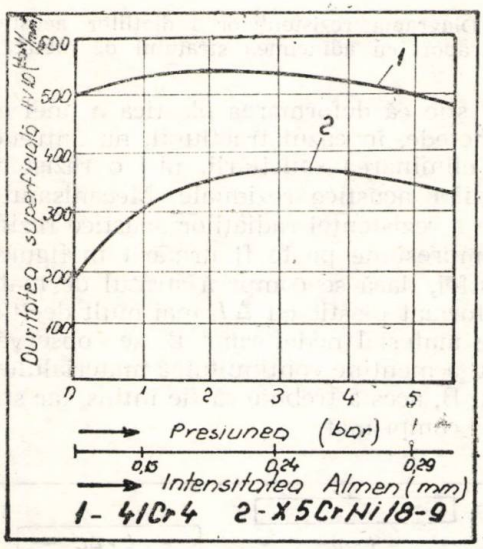


Fig. 2 Diagrama creșterii duhrității în raport cu intensitatea Almen (după Strigens [3]).
1 — oțel aliat 41 Cr 4; 2 — oțel special X 3 Cr Ni.

Încercările efectuate de Strigens [3] (fig. 2) reliefează creșterea durității superficiale a diferitelor calități de oțel, în funcție de intensitatea Almen.

Astfel, pentru un oțel dur, duritatea are o valoare maximă la o intensitate de prelucrare bine determinată.

Pentru același oțel cu o duritate scăzută, creșterea durității este foarte mică, iar pentru un oțel inoxidabil ușor ecruisabil, creșterea durității este foarte importantă; duritatea nu încetează să crească în raport cu intensitatea Almen. Aceste încercări demonstrează că oțelurile prezintă, în general, o valoare maximă a durității, în funcție de intensitatea Almen și de duritatea inițială a materialului.

Pentru a urmări evoluția ecruisării în material, Pollak [2] a prelucrat cu alice de diametru 0,9 mm tole de oțel C 10, obținînd o curbă caracteristică a microdurității (fig. 3) pe care a împărțit-o în trei zone de ecruisare:

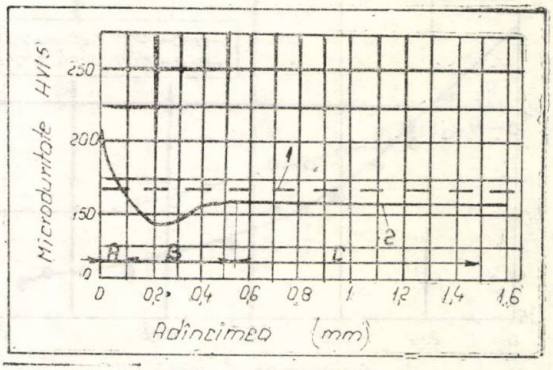


Fig. 3 Diagrama microdurității materialului prelucrat (după Pollak [2]). 1 — probă neprelucrată mecanic cu alice; 2 — probă prelucrată cu $v = 95{,}5$ m/s, $\alpha = 75°$.

— zona de ecruisare A, unde duritatea este superioară durității materialului neprelucrat;

— zona de ecruisare B, unde duritatea este inferioară durității materialului pur;

— zona de ecruisare C, neinfluențată de prelucrarea mecanică cu alice.

Cercetările efectuate de Almen [1] explică, în continuare, cauzele care provoacă alura curbei de variație a durității, prin variația în material a mărimii rezistențelor radiațiilor acustice reziduale, care intervin în timpul măsurării durității. Rezistențele de compresiune măresc duritatea, în zona de compresiune și rezistențele de torsiune o diminuează, în zona tensionată, pînă la o valoare inferioară celei a materialului nedeformat plastic (fig. 4).

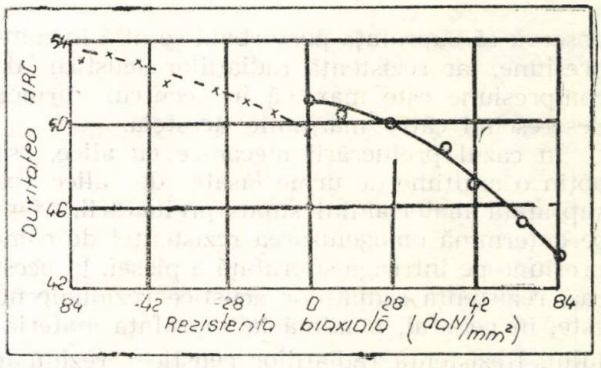


Fig. 4 Diagrama durității materialului în raport cu rezistențele radiațiilor acustice, (după Almen [1]).

Cu ajutorul acestor curbe de microduritate, Pollak, [2], pune în evidență influența surplusului de acoperire a ecruisării materialului; în continuare se arată că duritatea scăzută a materialului utilizat (180 HV) nu permite punerea

în evidență a variației ecruisării. Pentru un oțel mai dur (45 HRC), Almen [1] obține o creștere la suprafață și o diminuare a acesteia în straturile mai adînci (fig. 5).

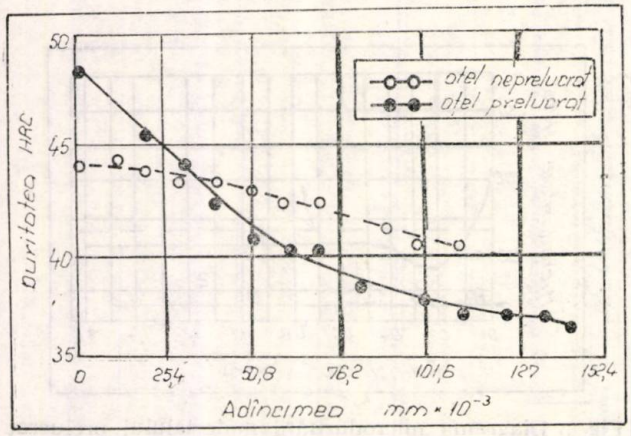


Fig. 5 Diagrama durității materialului în raport cu adîncimea sttratului de material, (după Almen [1]).

Acest ecruisaj superficial provoacă, la suprafața materialului, rezistențe ale radiațiilor acustice reziduale de compresiune. Astfel, în cazul urmei obținute pe suprafața unui material, prin măsurarea durității Brinell (fig. 6), se

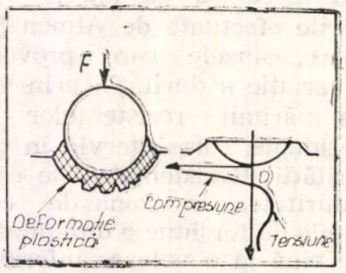


Fig. 6 Schema încercării durității Brinell.

observă că suprafața perturbată se află în compresiune, iar rezistența radiațiilor acustice de compresiune este maximă în centrul urmei, descrescînd către marginile acesteia.

În cazul prelucrării mecanice cu alice, se obțin o mulțime de urme lăsate de alice pe suprafața materialului supus prelucrării, fapt ce determină omogenizarea rezistenței de compresiune pe întreaga suprafață a piesei. În acest caz, rezistența radiațiilor acustice reziduale nu este, în general, maximă la suprafața materialului. Rezistența radiațiilor acustice reziduale maximă se situează, în general, la cîteva zecimi de milimetri sub suprafața prelucrată (fig. 7).

Explicarea apariției rezistenței radiațiilor acustice reziduale de compresiune se poate face ușor, prin raționamentul următor : deformarea plastică produsă la suprafață de o extensie a straturilor care sînt mai puțin deformate, sau care au rămas nesolicitate, împiedică alungirea straturilor deformate și astfel materialul se comprimă. Aceasta este de fapt ecruisarea eterogenă a materialului, care creează rezistența radiațiilor acustice reziduale.

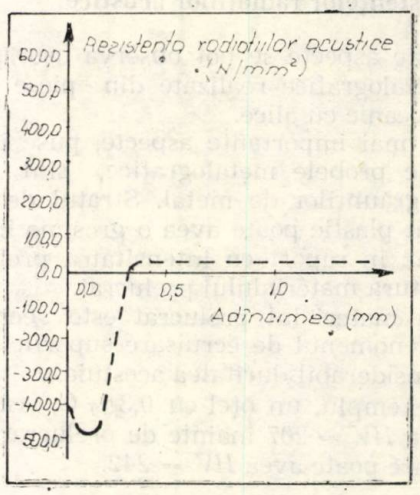


Fig. 7 Diagrama rezistențelor radiațiilor acustice în raport cu adîncimea stratului de metal.

Se știe că deformarea plastică a unei epruvete netede, în cazul tracțiunii, nu antrenează, după eliminarea solicitării, nici o rezistență a radiațiilor acustice reziduale. Mecanismul de creare a rezistenței radiațiior acustice reziduale de compresiune poate fi urmărit în figura 8.

Astfel, dacă se compară stratul de material A, deformat plastic cu ΔL mai mult decît stratul de material nedeformat B, se observă că pentru a menține continuitatea materialului din stratul B, acesta trebuie să fie întins, iar stratul A — comprimat.

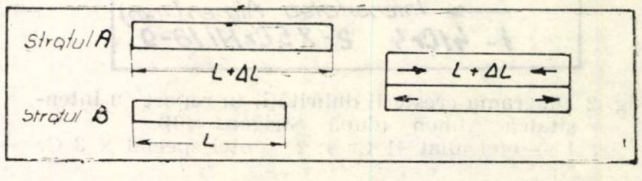


Fig. 8 Schema mecanismului formării rezistențelor radiațiilor acustice reziduale de compresiune.

Acest mecanism se realizează, astfel, pe toată adîncimea materialului, între straturile foarte deformate plastic și straturlie puțin sau nedeformate.

Concluzii

Acest studiu a permis precizarea influenței unor parametri ai procedeului tehnologic de prelucrare mecanică cu alice a pieselor metalice.

Rugozitatea pieselor prelucrate mecanic cu alice este un parametru deosebit de important pentru rezistența la oboseală a pieselor. Rugozitatea crește totdeauna, în funcție de diametrul alicelor și de viteza de proiectare a lor, și scade atunci cînd duri-

tatea piesei prelucrate crește. Pentru materialele rezistente, rugozitatea se ameliorează, atunci cînd durităţile pieselor şi alicelor sînt identice. Pentru piesele supuse la oboseală, se vor utiliza totdeauna alice din cele mai fine.

Creşterea vitezei şi dimensiunii alicelor măresc intensitatea prelucrării mecanice cu alice şi în general adincimea materialului prelucrat.

În sfirşit, alura curbelor rezistenţelor radiaţiilor acustice reziduale şi stabilitatea lor depid foarte mult de caracteristicile mecanice ale piesei prelucrate.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Almen, J.:* Fatigue Weaknese of Surfaces, In: Product Engineering, vol. 21, nr. 11, nov. 1950.

[2] *Pollak, I.:* Deformation plastique à la surface de la tôle, In: Blech vol. 15, nr. 12, dec. 1972.

[3] *Strigens, P.:* Influence du durcissement superficiel sur l'endurence des aciers, Thèse Darmstadt, 1971.

[4] *Wezunger, K., Gummel, G.:* Vielfachstosuntersuchungen Stahlkugel Stahlplatte im Zusammenhang mit Strahlmittelzertrummerung und Strahlverschleiss, In: Archiv fur das Einsenhutten Wesen, vol. 38, nr. 5, mai 1967.

[5] *Wiegand, H., Strigens, P.:* Auswirkung das Kugelstrahlens auf die Danerfestigkeit, In: Industrie Anzeiger, vol. 92, nr. 12, febr. 1970.

CZ : 621.883

Danturi cu protuberanţă realizate prin rulare

Matematician Iuliu **VLAIC** — Întreprinderea Mecanică Cugir

Introducere

În cazul angrenajelor cu roţi dinţate, este importantă cunoaşterea exactă a formei dintelui, cel puţin pentru calcule de rezistenţă. Se deduc, în cele ce urmează, ecuaţiile care descriu forma generală a sculei necesare danturării roţilor dinţate cilindrice, cu dantură dreaptă sau înclinată, cu şi fără deplasare de profil ; se face simularea pe calculator a procesului de danturare obţinîndu-se flancul conjugat al sculei (adică al dintelui roţii dinţate).

A fost utilizată metoda rulării (sau rostogolirii), datorită utilizării ei frecvente în practică, dar mai ales datorită preciziei. Se realizează un sistem de programe de calcul şi reprezentare grafică folsindu-se ca mijloace de prelucrare grafo-numerică calculatorul HEWLETT-PAKARD 9845 B, unitatea de discuri flexibile HP—9885 M şi respectiv înregistratorul X—Y, HP—9872 B.

Alte precizări privind metoda rulării pot fi găsite în [2], unde autorul lucrării de faţă a utilizat această metodă pentru simularea pe calculator a generării roţilor melcate, ca şi în [1], lucrare căreia prezenta contribuţie îi este tributară, în special în ceea ce priveşte conceptul de sculă generalizată.

Descrierea metodei rulării şi aspecte matematice de bază

Generalităţi. Principiul metodei rulării constă în rostogolirea elementului generator — scula, care de obicei are forma unei cremaliere — pe cercul de divizare al roţii dinţate care urmează să fie dantura. Pentru simularea procesului de danturare, s-a realizat un model de calcul care utilizează două sisteme de coordonate carteziene : $o_1x_1y_1$ legat de sculă şi $o_0x_0y_0$ legat de roata care va fi generată (fig. 1). Originea o_1 a reperului legat de sculă, aflată iniţial pe cercul de rostogolire al roţii, va descrie — în timpul execuţiei — o evolventă circulară.

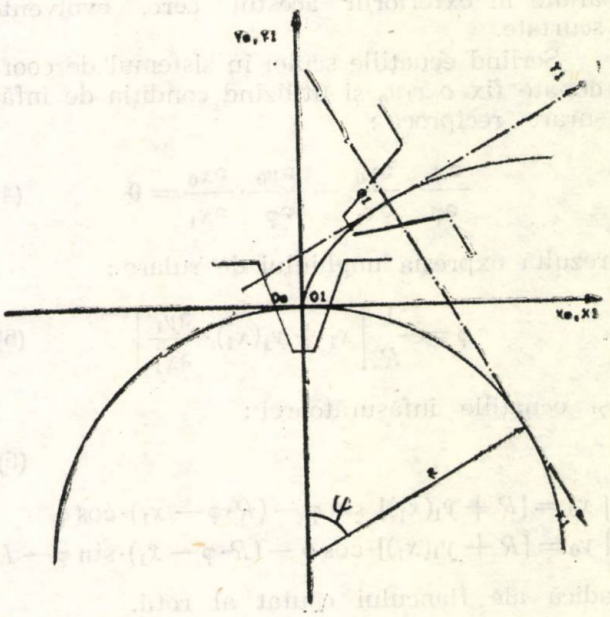


Fig. 1 Principiul metodei rulării.
Legendă :
$O_0\ x_0\ y_0$, $O_1\ x_1\ y_1$ — sisteme carteziene de coordonate ; R — raza cercului de rulare ; φ — unghiul de rulare.

Profilul sculei este definit analitic pe porţiuni, în curbe „netede" din punct de vedere matematic, adică ele sînt continue şi pot fi derivate de un număr necesar de ori, în sistemul de coordonate $o_1x_1y_1$ fix, în raport cu scula, dar mobil în raport cu reperul $o_0x_0y_0$ al piesei.

Flancul roții rezultă prin înfășurarea traiectoriilor succesive ale muchiilor tăietoare ale sculei. Utilizînd teoria curbelor înfășurătoare se va calcula, analitic, flancul roții în zona sa activă și se va reprezenta grafic, simulînd danturarea, întregul flanc al roții punîndu-se în evidență, pe lîngă profilul activ, curba de la piciorul dintelui (subtăierea) și racordarea acesteia la zona activă.

Bazele matematice ale metodei rulării. Fie dată porțiunea de sculă : $y_1 = y_1(x_1)$, în reperul $o_1x_1y_1$. Traiectoriile descrise de punctele acestei porțiuni în reperul $o_0x_0y_0$ se pot scrie, în general, sub forma :

$$x_0 = x_0(x_1, \varphi), \quad y_0 = y_0(x_1, \varphi) \tag{2}$$

unde φ este unghiul de rulare. Originea o_1 a reperului legat solidar de sculă se mișcă după evolventa cercului de rulare, care are ecuațiile :

$$\begin{aligned} x_0' &= R\cdot\sin\varphi - R\cdot\varphi\cdot\cos\varphi \\ y_0' &= R\cdot\cos\varphi + R\cdot\varphi\cdot\sin\varphi \end{aligned} \tag{3}$$

unde R este raza de rulare. Punctele din interiorul cercului de rulare aflate pe muchia tăietoare vor descrie evolvente alungite, iar cele aflate în exteriorul acestui cerc, evolvente scurtate.

Scriind ecuațiile sculei în sistemul de coordonate fix $o_0x_1y_0$ și utilizînd condiția de înfășurare reciprocă :

$$\frac{\partial x_0}{\partial\varphi}\cdot\frac{\partial y_0}{\partial x_1} - \frac{\partial y_0}{\partial\varphi}\cdot\frac{\partial x_0}{\partial x_1} = 0 \tag{4}$$

rezultă expresia unghiului de rulare :

$$\varphi = \frac{1}{R}\left[x_1 + y_1(x_1)\cdot\frac{\partial y_1}{\partial x_1}\right] \tag{5}$$

și ecuațiile înfășurătoarei :

$$\begin{cases} x_0 = [R + y_1(x_1)]\sin\varphi - (R\cdot\varphi - x_1)\cdot\cos\varphi \\ y_0 = [R + y_1(x_1)]\cdot\cos\varphi - (R\cdot\varphi - x_1)\cdot\sin\varphi - R \end{cases} \tag{6}$$

adică ale flancului căutat al roții.

Descrierea sculei

În tehnica danturării roților dințate se caută uneori (cel mai frecvent din motive tehnologice: finisări ulterioare ale danturii ca de exemplu rectificarea etc.) obținerea danturilor cu protuberanță. Se utilizează scule adecvate, în general, freze-melc cu protuberanță. Profilul muchiei tăietoare a unei astfel de scule are forma din figura 2 și este format din porțiunile *AB, BC, CD, DE*. Semnificația parametrilor ce intervin este arătată în aceeași figură; porțiunile *AB, BC, DE* sînt drepte descrise, respectiv, de ecuațiile :

$$y_1 - \xi = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + \alpha_f\right)\cdot\left(x_1 + \frac{m_f\cdot\pi}{4}\right) \tag{7}$$

$$\begin{aligned} &y_1 + (h_p - q - \xi) = \operatorname{tg}\left(\frac{3\pi}{2} + \alpha_{fp}\right)\cdot \\ &\cdot\left[x_1 + \frac{m_f\cdot\pi}{4} - (h_p - q)\cdot\operatorname{tg}\alpha_p\right] \end{aligned} \tag{8}$$

$$y_1 = -(h_p - \xi) \tag{9}$$

iar rotunjirea *CD* este un arc al elipsei :

$$\frac{(x_1 + e)^2}{\rho_c^2} + \frac{[y_1 + (h_p - r - \xi)]^2}{r^2} = 1 \tag{10}$$

Porțiunile *A'B', B'C', C'D', D'E'* și *ED", D"C", C"B", B"A"* se obțin fără greutate, prin simetrie. Curbele de tipul (7) — (10) se vor limita ținînd seama de datele constructive ale sculei.

O sculă avînd muchiile tăietoare descrise ca mai sus poartă, după [1], numele de generalizată și poate fi folosită pentru obținerea danturilor înclinate (unghiul ß de înclinare a dinților diferit de zero) cu protuberanță ; parametrii principali ai danturii iau valorile din secțiunea frontală, rotunjirile *DC, C'D', C"D"* fiind eliptice. Pentru $\beta = \boxed{\diagup}$ rezultă scula ce poate fi utilizată la obținerea danturilor drepte (rotunjirile *CD, C'D', C"D"* devin circulare), parametrii luînd valorile din secțiunea normală pe dinte. Dacă $\alpha = \alpha_p$, rezultă scule respectiv danturi fără protuberanță, iar pentru $r = \boxed{\diagup}$ rotunjirile curbe *CD, C'D', C"D"* degenerează în puncte. Astfel, pentru scula ilustrată în figura 2, atributul de „generalizată" este pe deplin justificat.

Programarea metodei și exemplu de utilizare

Metoda generală, de obținere a flancului conjugat prin rulare descrisă anterior este particularizată luîndu-se în locul curbei (1), succesiv curbele (7), (8), (9), (10). Schema logică bloc de calcul și reprezentare grafică este arătată în figura 3. Parametrii de intrare ceruți utilizatorului sînt : modul m, numărul de dinți z, unghiul de înclinare β și α, α_p, h_c, h_p, r, ξ și q a căror semnificație este arătată în figura 2. În cazul danturilor standard parametrii α, h_c, h_p, r, ξ și g, p sînt dați sau se calculează folosind elementele cremalierei de referință, și distanța dintre axele angrenajului

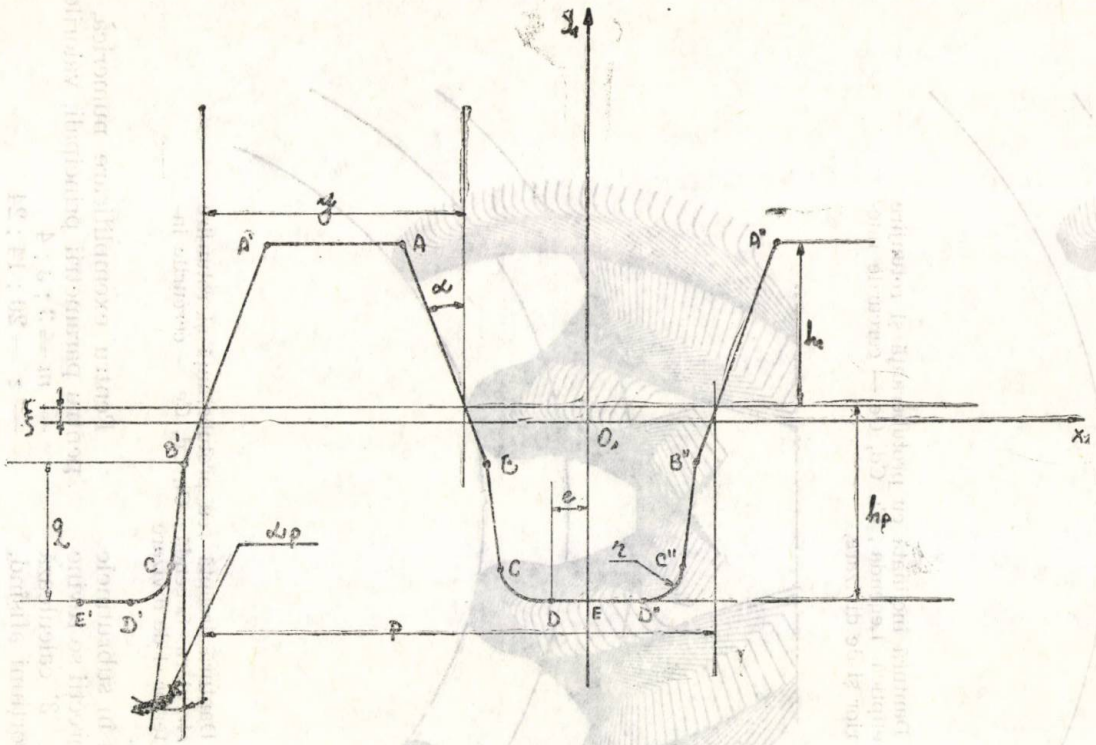


Fig. 2 Profilul muchiei tăietoare a unei freze melc cu protuberanță.

Legendă :

g — grosimea dintelui sculei ; p — pasul sculei ; α — unghiul de angrenare ; α_p — unghiul de protuberanță ; h_c — înălțimea capului sculei ; h_p — înălțimea piciorului sculei ; q — lungimea segmentului de dreaptă care efectuează protuberanță ; ξ — deplasare de profil ; r — raza de rotunjire ; e — distanța de la punctul de racordare al curbei de rotunjire la axa de simetrie.

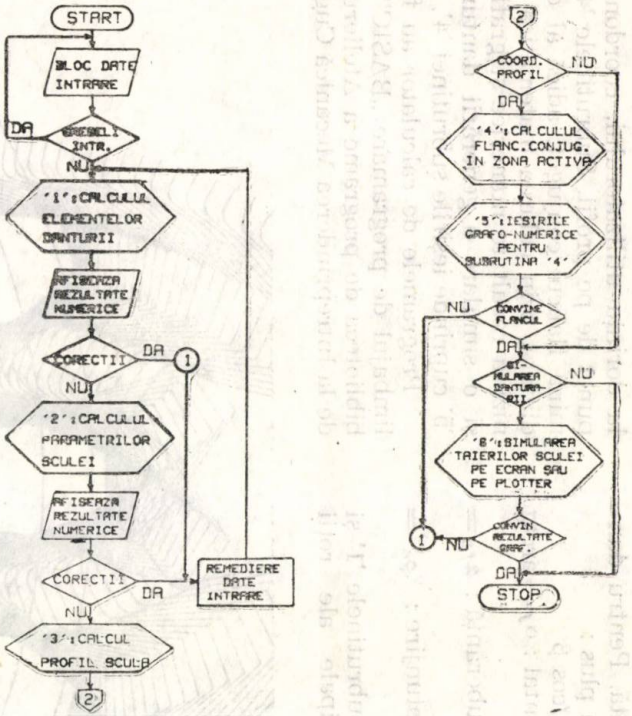


Fig. 3 Schema logică bloc de calcul și reprezentare grafică.

Legendă :

— blocuri de intrare/ieșire ;

— subrutine (proceduri) ;

— blocuri de decizie ;

, — conectori.

în care se va lucra roata dințată. Pentru danturile înclinate se calculează în plus :

— modulul frontal : $m_f = m/\cos\beta$

— unghiul de angrenare frontal : $\alpha_f = \text{arctg}(\text{tg}\alpha/\cos\beta)$

— unghiul frontal de protuberanță : $\alpha_{fp} = \text{arc tg}(\text{tg}\,\alpha_p/\cos\beta)$

— raza mare a elipsei de rotunjire : $\rho_e = r/\cos\beta$

Utilizînd datele de intrare subrutinele '1' și '2' calculează elementele principale ale roții dințate și ale scule, folosite apoi în subrutinele '3', '4' și '6'; dacă sînt necesare corecții se revine în blocul de intrare. Subrutina '3' calculează profilul complet al sculei pe porțiuni afișînd, la dorința utilizatorului, coordonatele oricărui punct de pe profil. Subrutinele '4' și '6' determină flancul conjugat, adică al dintelui roții dințate, prin rularea matematică a sculei, furnizînd rezultate numerice și grafice ce includ și o simulare a generării danturii. Subrutina '5' cuprinde ieșirile subrutinei '4'.

Programele de calculator au fost scrise în limbajul de programare „BASIC" și se află în biblioteca de programe a Atelierului Cercetare de la Intreprinderea Mecanică Cugir.

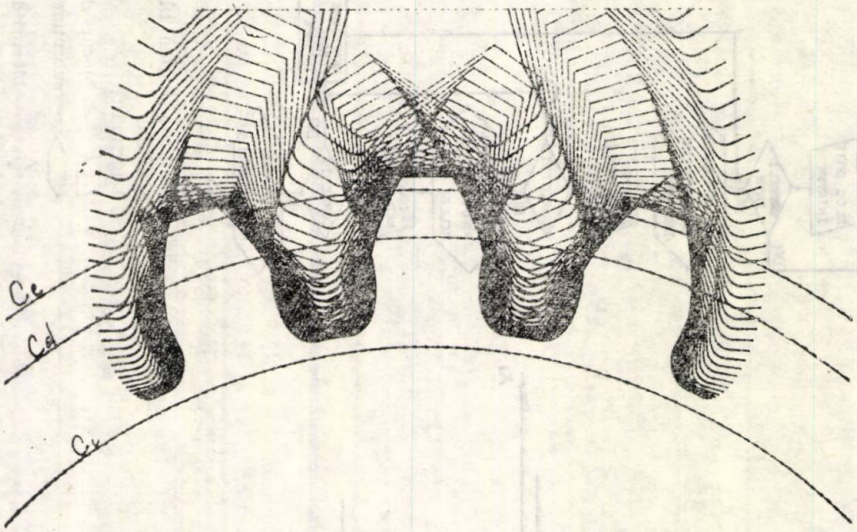


Fig. 4 Dantură înclinată cu protuberanță și rotunjire eliptică. Legendă ; Ci, Cd, Ce — cercurile interior și de divizare.

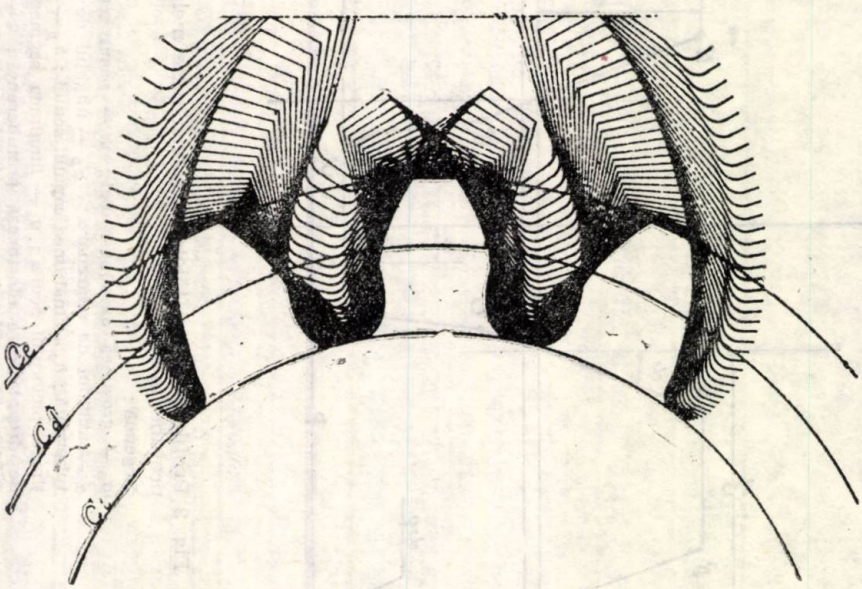


Fig. 5 Dantură dreaptă cu protuberanță și rotunjire circulară. Legendă : Ci, Cd, Ce — cercurile interior și de divizare.

Pentru exemplificare numerică, s-au ales, pentru parametrii principali, valorile :

— $m = 3 ; 3 ; 4$

— $z = 20 ; 14 ; 24$

— $\alpha = 20°$
— $\alpha_p = 11^0 ; 10^0 ; 20^0$
— $\beta = 8^0 ; 0^0 ; 0^0$
— $w_0 = 0.25$
— $q = 2.1 ; 1.42 ; 0$
— $f_0 = 1$
— $\xi = 0.3 ; 0 ; 0$

Simulînd frezarea au rezultat profilele din figurile 4, 5, 6 care reprezintă : dantură înclinată cu protuberanță și rotunjire eliptică, dantură dreaptă cu protuberanță și rotunjire circulară respectiv dantură dreaptă fără protuberanță și fără rotunjire la capăt.

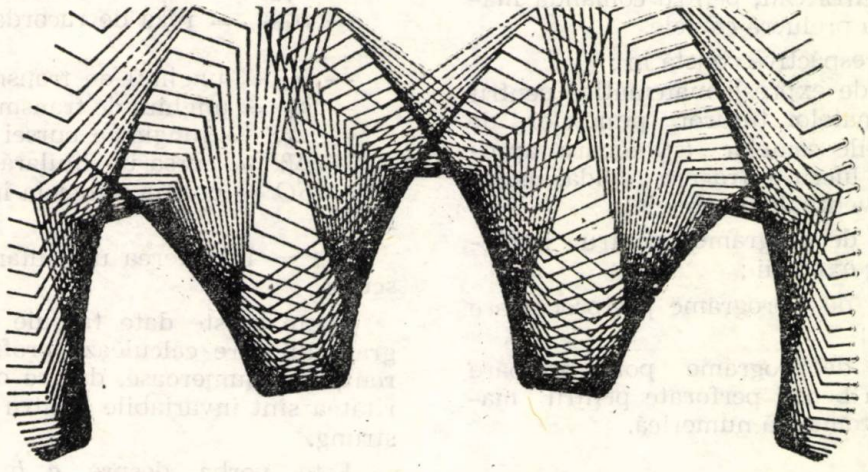


Fig. 6 Dantură dreaptă fără protuberanță și fără rotunjire la capul sculei.

După cum s-a amintit deja, setul de programe alcătuit poate să furnizeze tabele ce cuprind coordonatele punctelor de pe profil din zona sa activă. Se obține astfel o contraverificare a rezultatelor grafice care au rezultat prin simularea danturării.

Concluzii

Construcția modelului matematic pentru simularea danturării prezintă interes la realizarea și utilizarea frezelor (sau cuțitelor pieptene), folosite la obținerea roților dințate cu și fără protuberanță, cu dantură înclinată sau dreaptă. Simularea, pe ecran sau plotter, a operației de danturare permite analizarea profilului rezultat, funcție de parametrii geometrici constructivi ai sculei, care pot fi modificați corespunzător pentru obținerea profilului dorit, înlăturînd operațiile costititoare de realizare a sculelor de probă.

Pornind de la anumite scule (freză-melc, cuțit zburător, cutit pieptene etc.) deja realizate, se poate determina cîmpului de aplicabilitate a acestora. Programele de calcul și reprezentare grafică realizate constituie un auxiliar și în activitatea de proiectare a angrenajelor cu dantură dreaptă și/sau înclinată.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Padieth, R.:* Im Abwalzverfahren hergestellte Verzahnungen: Exakte Ermittlung der Zahnform. In : Antriebstechnik 17 (1978), Nr. 10, pag.434—436.

[2] *Haener, C., Vlaic, I.:* Generarea roților melcate simulată pe calculator. Lucrare prezentată la Simpozionul de mecanisme și transmisii mecanice, Institutul Politehnic „Traian Vuia", Timișoara, octombrie 1980.

CZ : 621-233 ; 621.835

Came pentru strunguri automate

Ing. Stan **SAVA** — Centrul Teritorial de Calcul Electronic Buzău

Introducere

În producția de serie, serie mare și masă, pentru piese mărunte, se utilizează deseori o categorie de strunguri ce execută operațiile după un program dinainte stabilit, program materializat într-un set de came, specific piesei respective.

Pregătirea fabricației, în acest caz, presupune și realizarea (proiectarea, execuția, testarea) setului de came respectiv.

Însă, proiectarea camelor, în special, a acestor tipuri, implică un volum mare de calcule, destul de complicate iar, pentru execuție sînt necesare mașini-unelte speciale.

Din consultarea bibliografiei și a unor specialiști în domeniu, se constată că — în practică — se apelează la o serie de simplificări, uneori empirice, care de multe ori conduc la ajustări ulterioare uzinării sau chiar la rebutări.

Ne-am propus și am realizat o metodologie de proiectare și execuție a camelor pentru strunguri automate, în care locul central îl ocupă calculatorul electronic :

— universal, pentru calculul coordonatelor punctelor și transpunerea lor pe suporți adecvați ;

— de tip plotter, pentru desenare ;

— de tip NUMEROM, pentru comanda mașinii-unelte ce va prelucra camele.

Metodologia respectivă constă în :

— stabilirea de expresii matematice pentru calculul coordonatelor tuturor punctelor de pe toate porțiunile camelor (staționare, apropiere rapidă, de lucru, retragere rapidă, inclusiv racordările eventuale dintre ele);

— realizarea de programe pentru implementarea acestor expresii ;

— realizarea de programe postprocesoare pentru desenare ;

— realizarea de programe potsprocesoare pentru obținerea benzii perforate pentru mașinile-unelte cu comandă numerică.

Terminologie și notații

Cu ajutorul unei singure came (care comandă o sculă : cuțit, burghiu, tarod, tampon, etc.), pot fi realizate — în general — mai multe operații, fiecare regăsindu-se pe camă într-un anumit loc. Convenim să numim **zona** ansamblul curbelor de pe camă ce concură la realizarea unei operații. În general, pentru o operație sînt necesare trei faze :

— apropierea sculei de piesă ;
— prelucrarea propriu-zisă ;
— retragerea sculei.

Corespunzător vom găsi pe zona respectivă trei **porțiuni** :

— de urcare ;
— activă ;
— de coborîre.

Între zone scula stă în repaus, respectiv pe camă se regăsește un arc de cerc, numit **cerc de bază.**

Diferitele porțiuni, în general, se racordează între ele prin arce de cerc (în caz particular de rază nulă).

Pentru realizarea uneia sau mai multor zone pe camă sînt necesare două categorii de informații :

— referitoare la strung :

— a = lungimea brațului palpatorului;

— b = raza sectorului dințat prelungire a palpatorului ;

— c = distanța dintre axa camei și axa palpatorului ;

— R = raza rolei palpatoare ;

— R_M = raza maximă a camei ;

— R_m = raza minimă a camei ;

— W = sensul de rotație al camei.

— referitoare la operație :

— θ = unghiul de început de operație ;

— R_{bu} = raza de bază la urcare ;

— R_{bc} = raza de bază la coborîre ;

— R_{ruj} = raza de racordare la urcare jos ;

— R_{rcj} = raza de racordare la coborîre jos ;

— R_{rus} = raza de racordare la urcare sus;

— R_{rcs} = raza de racordare la coborîre sus ;

— α_u = unghiul de transmitere la urcare;

— α_c = unghiul de transmitere la coborîre;

— ΔS = lungimea cursei active a sculei ;

— $\Delta\beta$ = cursa unghiulară a camei ;

— SO = poziția sculei la începutul operației ;

α_{in} = întîrzierea unghiulară la retragerea sculei.

Toate aceste date trebuie comunicate programului care calculează profilul camei. Aparent, sînt numeroase, dar se observă că majoritatea sînt invariabile pentru același tip de strung.

Este vorba despre a, b, c, R_M, R_m, W, R_{ruj}, R_{rcj}, R_{rus}, R_{rcs}, α_u, α_c. Multe dintre ele au fost introduse pentru a conferi o mai mare suplețe lucrării, iar altele (α_u, α_c, W). pentru realizarea de studii comparative.

Vom analiza, în continuare, succint, principalele probleme ce se pun pe fiecare porțiune a zonei și vom aborda apoi, ca exemplu, metodologia de determinare analitică a curbei de urcare.

Porțiunea activă

În practica actuală, este singura curbă cu elemente calculate, deși nu riguros exact (se aproximează diferența razelor camei prin deplasarea cuțitului multiplicată cu raportul brațelor palpatorului). În fapt, trebuie respectată legătura dintre avansul cuțitului și rotația piesei, altfel spus trebuie să se respecte legea de variație (sau constanța, în cazul deplasării liniare) a avansului pe rotație.

În unele cazuri (filetare), se merge pe curba teoretică doar la început, coborîndu-se apoi sub ea, întrucît scula se autoconduce și ar interveni o supradeterminare.

Pentru îmbunătățirea calității suprafeței prelucrate, la sfîrșitul cursei cuțitului, unii proiectanți obișnuiesc să introducă o întîrziere la retragere (vezi α_{in}).

Lucrarea determină analitic coordonatele centrului rolei palpatoare,cît și pe cele ale înfășurării pozițiilor succesive ale cercului rolă (dispunînd deci, în fiecare punct, și de normala la profilul real).

oricît de mult, întrucît se poate ajunge la suprasolicitarea mecanismului, dacă nu chiar la înțepenirea lui.

Toate aceste considerente ne conduc la ideea realizării apropierii rapide, cu solicitare constantă a mecanismului, care se traduce prin constanța unghiului de presiune (respectiv de transmitere) pe întreaga porțiune.

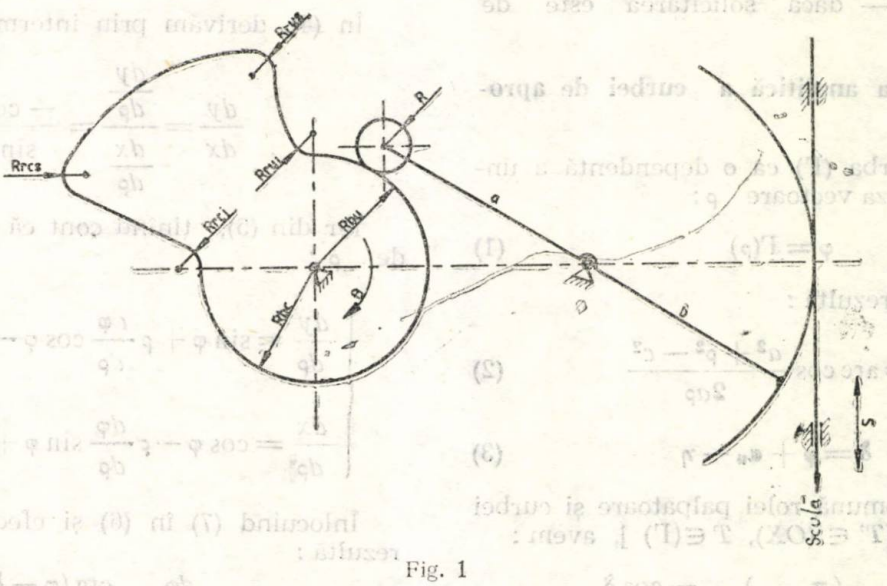


Fig. 1

O observație importantă trebuie făcută în legătură cu trecerea de la porțiunea activă la cea de coborîre (indiferent dacă este sau nu racordare, indiferent dacă este sau nu întîrziere), și anume că rola palpatoare încă mai urcă, respectiv scula mai avansează, urcare de care trebuie să se țină seama (vezi fig. 2).

Porțiunea de urcare

Scopul urmărit pe această porțiune este apropierea cît mai rapidă a sculei de piesă. De cele mai multe ori, apropierea unei scule nu poate fi făcută concomitent cu altă prelucrare, din considerente de spațiu.

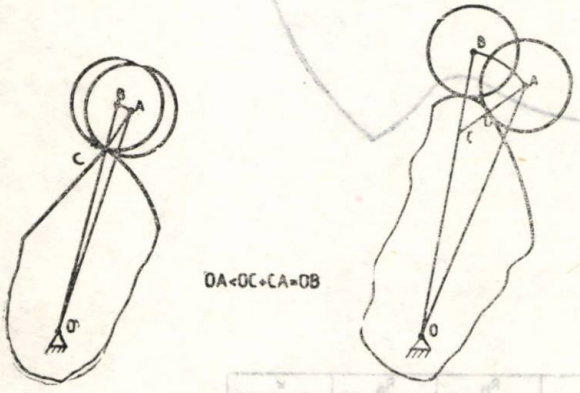


Fig. 2

Pe de altă parte, apropierea constituie timp neproductiv, dar nu se poate merge cu reducerea timpului (respectiv a unghiului pe camă)

Porțiunea de coborîre

Pe aceste porțiuni se poate merge chiar după un arc de cerc, cu centrul în axa palpatorului și rază egală cu brațul lui plus raza rolei, caz în care rola „cade", teoretic instantaneu.

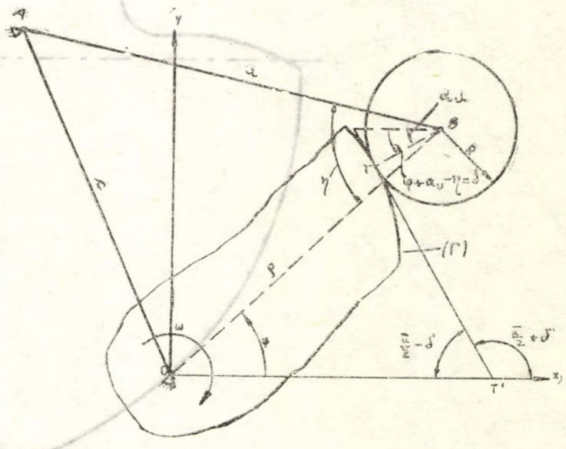


Fig. 3

Întrucît dispunem de metode de calcul pentru curbe de solicitare constantă, se poate adopta și pentru această porțiune o astfel de curbă, cazul arcului de cerc fiind unul limită, acela în care unghiul de transmitere este nul.

Sensul de rotație

Se consideră sens pozitiv de rotație al camei ($W = +1$), dacă brațul palpator este supus la solicitare de întindere, și sens negativ ($W = -1$) — dacă solicitarea este de compresiune.

Determinarea analitică a curbei de apropiere rapidă

Se caută curba (Γ) ca o dependență a unghiului φ de raza vectoare ρ:

$$\varphi = \Gamma(\rho) \tag{1}$$

Din ΔOAB rezultă :

$$\eta = \arccos \frac{a^2 + \rho^2 - c^2}{2a\rho} \tag{2}$$

Notăm :

$$\delta = \varphi + \alpha_u - \eta \tag{3}$$

Tangenta comună rolei palpatoare și curbei (Γ) fiind TT' [$T' \in (OX)$, $T \in (\Gamma)$], avem :

$$\frac{dy}{dx} = \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} + \delta\right) = \frac{-\cos\delta}{\sin\delta} \tag{4}$$

unde x și y sînt coordonatele punctului de tangență T. Proiectînd T pe axe, obținem :

$$\begin{cases} x = \rho\cos\varphi - R\cos\delta \\ y = \rho\sin\varphi - R\sin\delta \end{cases} \tag{5}$$

În (4), derivăm prin intermediul lui ρ :

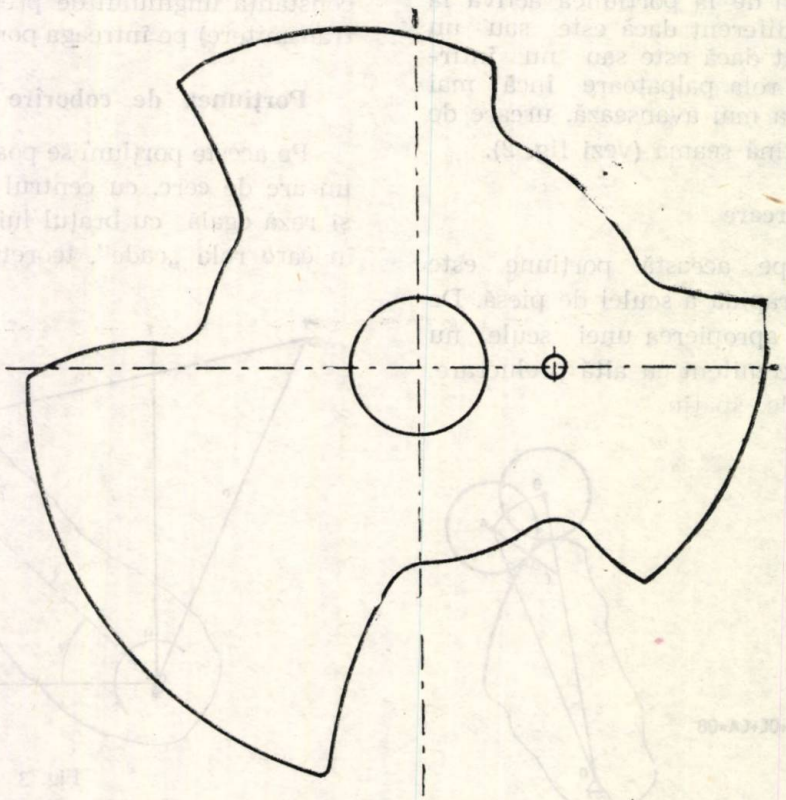
$$\frac{dy}{dx} = \frac{\dfrac{dy}{d\rho}}{\dfrac{dx}{d\rho}} = \frac{-\cos\delta}{\sin\delta} \tag{6}$$

Iar din (5), ținînd cont că φ și δ depind de ρ :

$$\begin{cases} \dfrac{dy}{d\rho} = \sin\varphi + \rho\dfrac{d\varphi}{d\rho}\cos\varphi - R\dfrac{d\delta}{d\rho}\cos\delta \\ \dfrac{dx}{d\rho} = \cos\varphi - \rho\dfrac{d\varphi}{d\rho}\sin\varphi + R\dfrac{d\delta}{d\rho}\sin\delta \end{cases} \tag{7}$$

Înlocuind (7) în (6) și efectuînd calculele rezultă :

$$\frac{d\varphi}{d\rho} = \frac{\operatorname{ctg}(\varphi - \delta)}{\rho} \tag{8}$$



CAMA	a	b	c	R	R_H	R_m	W
	85	85	120	7	100	50	1

ZONA	R_{bu}	R_{bc}	R_{rvi}	R_{rci}	R_{rvs}	R_{rcs}	α_u	α_c	ΔS	$\Delta\beta$	θ	S_0	α_{in}
1	50	60	9	10	0	0	30	15	10	55	0	25	0
2	60	55	9	10	2	0	35	10	13	50	120	25	5
3	55	50	9	10	0	2	30	0	6	74	226	7	0

Fig. 4

Ținînd cont de (2) și (3) și integrînd (8) avem :

$$\varphi = \int_{\rho_0}^{\rho} \frac{\operatorname{ctg}\left(\arccos \frac{a^2+\rho^2-c^2}{2a\rho} - \alpha_u\right)}{\rho} d\rho \tag{9}$$

care constituie dependența lui φ de ρ.

Integrarea se face cu ajutorul calculatorului, după care cordonatele punctelor de pe curbă se calculează cu relațiile (5) ținînd cont de (2) și (3).

Observații finale

Programul de calcul al coordonatelor punctelor de pe camă a fost realizat în FORTRAN IV, pentru calculatorul FELIX C-256, putînd fi ușor adaptat și pentru alte tipuri. Memoria necesară este sub 64 KO.

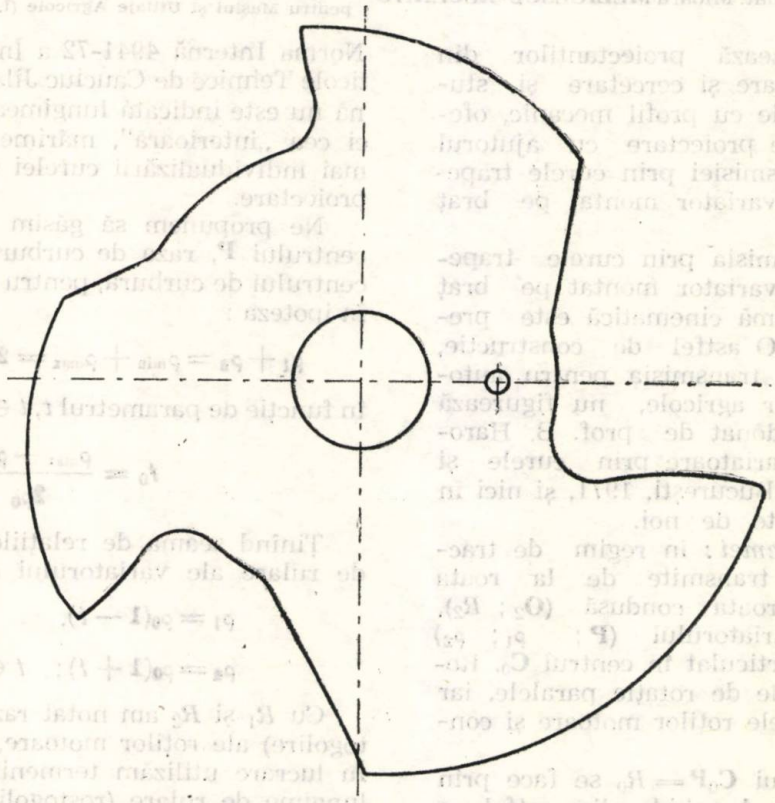
Desenele camelor (a se vedea fig. 4 și 5) se realizează în întregime cu ajutorul plotterului DIGIGRAF-1712. Postprocesorul pentru realizarea desenului este realizat tot în FORTRAN IV, pentru FELIX, cu utilizarea unei interfețe proprii.

Pentru uzinarea camei, s-a realizat postprocesor pentru obținerea benzii program, pentru mașina de prelucrat prin electroeroziune de tip ELEROFIL, urmînd a fi realizate postprocesoare și pentru alte tipuri.

Avantajele proiectării camelor după metodologia propusă sînt multiple :

- **precizie ridicată ;**
- **muncă de proiectare economisită ;**
- **timp de proiectare-execuție redus ;**
- **posibilitatea alegerii între mai multe variante;**
- **pentru proiectare nu este necesară mînă de lucru superior calificată (pe care unele unități nu o au).**

În figurile 4 și 5 se prezintă desenele a două came cu cîte trei zone. Diferența între ele constă doar în sensul de rotație.



CAMA	a	b	c	R	R_M	R_m	w
	85	85	120	7	100	50	-1

ZONA	R_{bu}	R_{bc}	R_{ruj}	R_{rcj}	R_{rus}	R_{rcs}	α_u	α_c	ΔS	$\Delta\beta$	θ	S_0	α_{i0}
1	50	60	9	10	0	0	30	15	10	55	0	25	0
2	60	55	9	10	2	0	35	10	13	50	120	25	5
3	55	50	9	10	0	2	30	0	6	74	226	7	0

Fig. 5

[1] *Artobolevski I.I.* : Teoria mecanismelor și a mașinilor, Editura Tehnică, București, 1955.

[2] *Damcalescu, D., Tacorian, T.* : Came pentru strunjirea de precizie pe strunguri automate, Editura Tehnică, București, 1979.

[3] *Luzin, N.N.* : Calculul diferențial, Editura Tehnică, București, 1959.

[4] *Handra-Luca, V., Stoica, I.A.*: Introducere în teoria mecanismelor, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1982.

[5] *Petriceanu, Gh., Gyenge, Cs., Morar, L.*: Proiectarea proceselor tehnologice și reglarea strungurilor automate, Editura Tehnică, București, 1979.

[6] *Popescu, I.*: Proiectarea mecanismelor plane, Editura Scrisul românesc, Craiova, 1977.

[7] *Sava, St.*: Proiectarea constructivă, asistată de calculator, a camelor motoarelor cu ardere internă, în Buletinul Român de Informatică (BRI), nr. 6/84.

CZ : 621.852

Algoritm pentru analiza și sinteza parametrilor geometrici ai transmisiei prin curele trapezoidale echipate cu variator montat pe braț oscilant

Ing. Nicolae **TRUICĂ**, mat. Mioara **MELICESCU-RECEANU** — Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Mașini și Utilaje Agricole (I.C.S.I.T.M.U.A.) București

Lucrarea se adresează proiectanților din institutele de proiectare și cercetare și studenților din facultățile cu profil mecanic, oferindu-le o metodă de proiectare cu ajutorul calculatorului a transmisiei prin curele trapezoidale echipate cu variator montat pe braț oscilant.

Considerăm transmisia prin curele trapezoidale echipate cu variator montat pe braț oscilant, a cărei schemă cinematică este prezentată în figura 1. O astfel de construcție, frecvent întîlnită în transmisia pentru autodeplasare a mașinilor agricole, nu figurează nici în tratatul coordonat de prof. B. Harovitz, Transmisii și variatoare prin curele și lanțuri, Ed. Tehnică, București, 1971, și nici în alte lucrări cunoscute de noi.

Formularea problemei: în regim de tracțiune, puterea se transmite de la roata motoare ($\mathbf{O}_1$; R_1) la roata condusă ($\mathbf{O}_2$; R_2), prin intermediul variatorului ($\mathbf{P}$; ρ_1 ; ρ_2) montat pe un braț articulat în centrul $\mathbf{C}_0$. Roțile de curea au axele de rotație paralele, iar distanța a_3 dintre axele roților motoare și condusă este fixă.

Acționarea brațului $\mathbf{C_0P} = R_0$ se face prin intermediul unui cilindru hidraulic, astfel ca razele de rulare ρ_1 și ρ_2 ale variatorului să ia valori în intervalul $[\rho_{min}, \rho_{max}]$. Întinderea curelelor se realizează prin deplasarea variatorului în lungul brațului, cu ajutorul a două șuruburi, pentru a transmite puterea nominală N_0.

Considerăm că este cunoscută lungimea de rulare (rostogolire) L_p^0 a curelei alese, corespunzătoare forței statice minime de întindere $2T_0$, necesară rtansmiterii puterii maxime N_0. Valoarea L_p^0, astfel definită, se determină experimental, fiind cu 2—3% mai mare decît valoarea L_p indicată în STAS 7503-80, sau Norma Internă 4941-72 a Întreprinderii de Articole Tehnice de Cauciuc Jilava. În norma internă nu este indicată lungimea de rulare a curelei, ci cea „interioară", mărime care servește numai individualizării curelei și nu calculelor de proiectare.

Ne propunem să găsim locul geometric al centrului $\mathbf{P}$, raza de curbură R și poziția $\mathbf{C}$ a centrului de curbură, pentru ρ_1, $\rho_2 \in [\rho_{min}, \rho_{max}]$, în ipoteza :

$$\rho_1 + \rho_2 = \rho_{min} + \rho_{max} = 2\rho_0 = \text{constant}, \quad (1)$$

în funcție de parametrul t, $t \in [t_0, t_0]$, în care :

$$t_0 = \frac{\rho_{max} - \rho_{min}}{2\rho_0} \quad (2)$$

Ținînd seama de relațiile (1) și (2), razele de rulare ale variatorului capătă expresiile :

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \rho_0(1 - t), \\ \rho_2 &= \rho_0(1 + t); \quad t \in [-t_0, t_0] \end{aligned} \quad (3)$$

Cu R_1 și R_2 am notat razele de rulare (rostogolire) ale roților motoare, respectiv condusă. În lucrare utilizăm termenii cinematici rază/lungime de rulare (rostogolire) în loc de rază/lungime „primitivă".

Definim poziția lui $\mathbf{P}$ prin distanțele sale a_1 și a_2 față de centrele fixe $\mathbf{O}_1$ respectiv $\mathbf{O}_2$. Calculăm aceste distanțe cu formulele :

$$a_i = \frac{R_i - \rho_i}{\sin \alpha_i}, \quad i = 1, 2; \quad (4)$$

$$\alpha_i \in \left(-\frac{\pi}{2}, 0\right) \text{ pentru } R_i - \rho_i \leqslant 0;$$

$$\alpha_i \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right) \text{ pentru } R_i - \rho_i \geqslant 0$$

Determinăm unghiurile α_i, $i=1, 2$, din condiția ca în ambele ramuri ale transmisiei lungimea curelei să fie aceiași :

$$2a_i \cos \alpha_i + \pi(R_i + \rho_i) + 2\alpha_i(R_i - \rho_i) = L_p^0;$$

$$i = 1,2 \quad (5)$$

În relațiile (5) introducem expresiile (3) și (4). După efectuarea calculelor obținem :

$$\alpha + \operatorname{ctg} \alpha = \frac{\gamma_1 + \pi t}{\delta_1 + 2t};$$

$$\beta + \operatorname{ctg} \beta = \frac{\gamma_2 - \pi t}{\delta_2 - 2t}; \quad (6)$$

în care :

$$\alpha = \alpha_1; \quad \beta = \alpha_2; \quad (7)$$

$$\gamma_i = \frac{L_p^0 - \pi(R_i + \rho_0)}{\rho_0};$$

$$\delta_i = \frac{2(R_i - \rho_0)}{\rho_0}; \quad i = 1,2$$

Rescriem relațiile (4), ținînd seama de expresiile (3) și notațiile (7) :

$$m = \frac{2a_1}{\rho_0} = \frac{\delta_1 + 2t}{\sin \alpha};$$

$$n = \frac{2a_2}{\rho_0} = \frac{\delta_2 - 2t}{\sin \beta}; \quad l = \frac{2a_3}{\rho_0} \quad (8)$$

Relațiile (6) și (8) exprimă faptul că poziția lui **P** depinde de parametrul t atît direct, cît și prin intermediul unghiurilor α și β.

Calculăm coordonatele lui **P** față de sistemul de referință xo_1y din figura 1 :

$$x = \frac{m^2 - n^2 + l^2}{2l}; \quad y = \frac{2S}{l}, \quad (9)$$

în care :

$$S = \sqrt{p\ (p-m)\ (p-n)\ (p-l)};$$

$$2p = l + m + n$$

Raza de curbură și coordonatele centrului de curbură **C** ,pentru un punct curent al locului geometric descris de centrul **P**, se calculează cu formulele ([2]; p. 267; 271) :

$$R = \frac{(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{3/2}}{|\dot{x}\ddot{y} + \dot{x}\dddot{y}|}; \quad (10)$$

$$x_c = x - \frac{(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)\dot{y}}{\dot{x}\ddot{y} - \ddot{x}\dot{y}}; \quad y_c = y + \frac{(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)\dot{x}}{\dot{x}\ddot{y} - \ddot{x}\dot{y}},$$

în care :

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt}; \quad \ddot{x} = \frac{d^2x}{dt}; \ldots$$

În expresiile derivatelor am introdus următoarele notații :

$$\varepsilon_1 = 2\gamma_1 - \pi\delta_1 = \frac{2}{\rho_0}(L_p^0 - 2\pi R_1); \quad (11)$$

$$\varepsilon_2 = 2\gamma_2 - \pi\delta_2 = \frac{2}{\rho_0}(L_p^0 - 2\pi R_2);$$

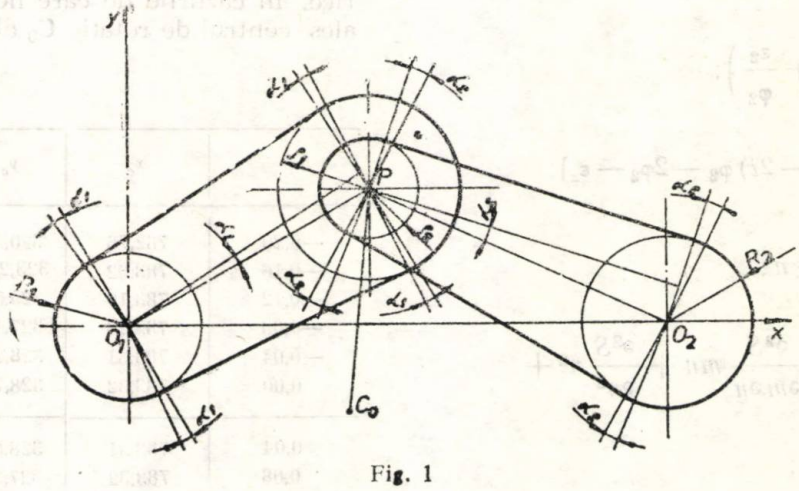


Fig. 1

$$\varphi_1 = \gamma_1 + \pi t\ \alpha(\delta_1 + 2t);$$

$$\varphi_2 = \gamma_2 - \pi t - \beta(\delta_2 - 2t)$$

Tabelul 1

t	ρ_1	ρ_2	a_1	a_2	x_p	y_p
—0,20	234,00	156,00	784,06	831,92	704,03	345,09
—0,16	226,20	163,80	796,91	820,20	717,51	346,56
—0,12	218,40	171,60	809,67	808,43	731,19	347,75
—0,08	210,60	179,40	822,35	796,59	744,77	348,67
—0,04	202,80	187,20	834,93	784,69	758,35	349,31
0,00	195,00	195,00	847,43	772,72	771,93	349,67
0,04	187,20	202,80	859,86	760,67	785,51	349,76
0,08	179,40	210,60	872,21	748,56	799,09	349,58
0,12	171,60	218,40	884,49	736,36	812,67	349,13
0,16	163,80	226,20	896,70	724,08	326,25	348,40
0,20	156,00	234,00	908,84	711,72	839,33	347,40

Dăm în continuare expresiile derivatelor care intervin în relațiile (10) în funcție de $m\ (t)$ și $n\ (t)$:

$$\dot{x} = \frac{1}{l}(m\dot{m} - n\dot{n}) \tag{12}$$

$$\ddot{x} = \frac{1}{l}(\dot{m}^2 + m\ddot{m} - \dot{n}^2 - n\ddot{n});$$

$$\dot{y} = \frac{2}{l}\dot{S};$$

$$\ddot{y} = \frac{2}{l}\ddot{S},$$

în care :

$$\dot{m} = \frac{1}{\sin\alpha}\left(2 + \frac{\varepsilon_1}{\varphi_1}\right); \tag{13}$$

$$\ddot{m} = -\frac{\varepsilon_1 \cos\alpha}{\varphi_1^3 \sin^2\alpha}[(\delta_1 + 2t)\dot{\varphi}_1 + 2\varphi_1 + \varepsilon_1];$$

$$\dot{n} = -\frac{1}{\sin\beta}\left(2 + \frac{\varepsilon_2}{\varphi_2}\right);$$

$$\ddot{n} = \frac{\varepsilon_2 \cos\beta}{\varphi_2^3 \sin^2\beta}[(\delta_2 - 2t)\dot{\varphi}_2 - 2\varphi_2 - \varepsilon_2];$$

$$\dot{S} = \frac{\partial S}{\partial m}\dot{m} + \frac{\partial S}{\partial n}\dot{n};$$

$$\ddot{S} = \frac{\partial^2 S}{\partial m^2}\dot{m}^2 + 2\frac{\partial^2 S}{\partial m\,\partial n}\dot{m}\dot{n} + \frac{\partial^2 S}{\partial n^2}\dot{n}^2 +$$

$$+ \frac{\partial S}{\partial m}\ddot{m} + \frac{\partial S}{\partial n}\ddot{n};$$

$$\frac{\partial S}{\partial m} = \frac{m}{8S}(-m^2 + n^2 + l^2);$$

$$\frac{\partial S}{\partial n} = \frac{n}{8S}(m^2 - n^2 + l^2);$$

$$\frac{\partial^2 S}{\partial m^2} = \frac{1}{128S^3}[(m^2 + n^2 - l^2)(m^2 - n^2 + l^2)\cdot$$

$$\cdot(-m^2 + n^2 + l^2) - 32m^2S^2];$$

$$\frac{\partial^2 S}{\partial n^2} = \frac{1}{128S^3}[(m^2 + n^2 - l^2)(m^2 - n^2 + l^2)\cdot$$

$$\cdot(-m^2 + n^2 + l^2) - 32n^2S^2];$$

$$\frac{\partial^2 S}{\partial m\,\partial n} = \frac{mnl^2}{32S^2}$$

Relațiile (8) . . . (13) sînt dimensionale. În programul de calcul mărimile x_p; y_p, R, x_C, y_C se amplifică cu $\rho_0/2$, pentru a obține valovalorile lor reale. Se obțin astfel locurile geometrice ale centrelor **P** și **C** pentru ρ_1, $\rho_2 \in [\rho_{min}, \rho_{max}]$. După obținerea rezultatelor numerice, în cazurile de care ne-am ocupat, s-au ales centrul de rotație $\mathbf{C}_0$ al brațului oscilant și

Tabelul 2

t	x_c	y_c	R	C_0P
—0,20	782,76	320,40	670,13	678,48
—0,16	783,02	323,24	672,99	678,49
—0,12	783,19	325,51	675,27	678,50
—0,08	783,28	327,19	676,96	678,50
—0,04	783,31	328,28	678,04	678,51
0,00	783,32	328,75	678,51	678,51
0,04	783,31	328,60	678,37	678,51
0,08	783,32	327,85	677,61	678,51
0,12	783,37	326,48	676,25	678,51
0,16	783,47	324,52	674,28	678,50
0,20	782,66	321,97	671,72	678,50

raza de rotație $R_0 = C_0P$, poziția lui **C** și res. valoarea lui R, pentru $t = 0$. Programul cuprinde și calculul distanței de la punctul C_0 la punctele descrise de variator pentru $t \in [-t_0, t_0]$.

În continuare prezentăm rezultatele numerice obținute pentru ansamblul experimental B 20, (tabelele 1 și 2), cu următoarele constante numerice : $R_1 = 172{,}5$ mm, $R_2 = 220$ mm, $L_p^0 = 2850$ mm, $\rho_0 = 195$ mm, $\rho_{max} = 240$ mm, $a_3 = 1.460$ mm.

[1] *Horovitz, B. ș.a.:* Transmisii și variatoare prin curele și lanțuri, Editura Tehnică, București, 1971.

[2] *Mihăileanu, N.:* Geometria analitică, proiectivă și diferențială, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1971.

RECENZII

Rădulescu, Gh., Miloiu, Gh., Gheorghiu, N. Muntean, C., Vișa, Fl., Ionescu, N., Popovici, Vl., Dobre, Gh., Rașeev, M. — ÎNDRUMAR DE PROIECTARE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI, vol. III, București, Editura tehnică, 1986

Cu apariția celui de al treilea volum al **Îndrumarului de proiectare în construcția de mașini**, colectivul redacției Construcții de mașini a Editurii tehnice a reușit să pună la dispoziția inginerilor și tehnicienilor proiectanți din industria construcțiilor de mașini o lucrare deosebită, cu caracter informațional, care va dirija specialistul în dificilul și complexul proces de proiectare a mașinilor și utilajelor fiabile și competitive.

Analizînd — în ansamblu — lucrarea susamintită, se constată că aceasta conține o cantitate mare de informații tehnico-științifice de ultimă oră, într-un volum restrîns de pagini, fiind completă și sintetică.

Îndrumarul — cu o expunere riguroasă, modernă, unitară a problemelor proiectării transmisiilor mecanice — cuprinde metodologiile de calcul și proictare, recomandări utile în procesul de proiectare, prezentîndu-se și diverse soluții constructive actuale, românești, și străine.

Meritul colectivului de autori constă în îmbinarea armonioasă a rezultatelor cercetării științifice mondiale din acest domeniu, cu rezultatele propriilor cercetări și cu cele mai recente realizări ale firmelor specializate.

Materialul volumului este prezentat în 479 pagini, cu 242 figuri, 171 tabele și 80 anexe, fiind organizat pe 5 capitole.

În capitolul 14, **„Angrenaje"** se prezintă geometria și precizia angrenajelor cilindrice, conice și melcate, calculul de rezistență al angrenajelor, și tratamentele termice utilizate și recomandate în construcția angrenajelor, ungerea, griparea și calculul termic al reductoarelor cu roți dințate. Am dori să remarcăm imporatnța — pentru proiectant — a indicațiilor și recomandărilor practice cuprinse în paragraful referitor la **„calculul la gripare și calculul termic al reductoarelor cu roți dințate"**. Metodele de calcul prezentate — corespunzînd celor mai noi realizări pe plan mondial — poartă amprenta personală a autorilor — cunoscuți specialiști în domeniu — care au utilizat și rezultatele propriilor cercetări. Metodele de calcul sînt însoțite de ample recomandări de o deosebită utilitate practică pentru utilizator, în procesul de proiectare.

Capitolul 15 **„Reductoare de turație"** — elaborat pe baza bogatei experiențe a întreprinderilor din țara noastră („Neptun" Cîmpina, Renk-Reșița ș.a.) și a firmelor străine specializate — cuprinde prezentarea pe larg a soluțiilor constructive a elementelor componente ale reductoarelor, precum și a calculului și construcției reductoarelor de turație. Se constată și în acest capitol — prin problemele practice tratate, de un real folos proiectanților — amprenta experienței îndelungate a autorilor în domeniul respectiv.

În capitolul 16 **„Transmisii prin curele"** sînt tratate corespunzător transmisiile prin curele late, prin curele trapezoidale și dublu trapezoidale, precum și transmisiile prin curele dințate sincrone. Sînt prezentate metodologiile de calcul, recomandări practice privind proiectarea respectivelor transmisii, precum și schemele logice pentru utilizarea calculului automat. În capitol sînt prezentate și soluții constructive de ultimă oră, absolut necesare pentru obținerea unor soluții corecte și competitive în procesul de proiectare.

În capitolul 17 **„Transmisii prin lanțuri"** sînt prezentate unitar și sintetic transmisiile prin lanțuri articulate, prin lanțuri cu bucșe și role și prin lanțuri cu eclise dințate. Prin tratarea prescripțiilor de montaj și reglare și a sistemelor de ungere a transmisiilor prin lanțuri, autorii au reușit să dea o tentă deosebit de utilă și aplicativă acestui capitol. În afară de indicațiile de calcul și proiectare, capitolul cuprinde recomandările constructive necesare pentru completa proiectare a transmisiilor prin lanțuri.

Capitolul 18 **„Variatoare"** este rezultatul consultării unei bogate bibliografii și a contribuției autorilor — în acest domeniu — în decursul anilor. În capitol sînt prezentate variatoarele cu roți de fricțiune și variatoarele cu element flexibil, fiind redate o multitudiine de soluții constructive cu date concrete și recomandări practice vizînd procesul de proiectare. Sînt prezentate complet și sintetic metodologiile de calcul ale diferitelor tipuri de variatoare, cu largă utilizare a proiectării asistate de calculator. Ne face o plăcere deosebită să constatăm amprenta personală a autorilor în precizările aduse calculului variatoarelor cu roți de fricțiune și a celor cu curea trapezoidală.

Editarea celor trei volume ale **„Îndrumarului de proiectare în construcția de mașini"** — o adevărată mică enciclopedie în domeniul proiectării — constituie un ajutor prețios dat proiectanților în dificilul și complexul proces de realizare a unor mașini și utilaje fiabile, economice și competitive.

Destinată, în special, inginerilor și tehnicienilor proiectanți de mașini și utilaje, lucrarea recenzată este utilă și cadrelor didactice și studenților din învățămîntul superior tehnic.

Dr. ing. Ioan Drăghici

MANIFESTĂRI TEHNICO-ȘTIINȚIFICE

În zilele de 21 și 22 aprilie 1988, la Tîrgu Mureș, a avut loc **„A X-A CONSFĂTUIRE DE TRATAMENTE TERMICE"**, organizată de CCSITMIU — filiala Tg. Mureș (Metalotehnica), în colaborare cu U.T.C. — Comitetul Județean Mureș, în localul CASEI DE CULTURĂ a ȘTIINȚEI ȘI TEHNICII pentru tineret.

Din lucrările Consfătuirii a rezultat preocuparea permanentă a specialiștilor în tratamente termice din țară pentru aplicarea procedeelor moderne și a tehnologiilor de vîrf pe plan mondial (borurarea, nitrurarea, carbonitrurarea în plasmă și respectiv nitrurarea ionică).

Influența tratamentelor preliminare și respectiv de detensionare (prin vibrare) asupra tratamentelor termice propriuzise pentru îmbunătățirea calității materialelor reprezintă obiectul studiului permanent în cercetarea și proiectarea tehnologiilor și utilajelor privind aceste tratamente termice.

S-a organizat o masă rotundă cu tema: **„Reducerea consumurilor de energie și materiale în tratamente termice".**

Lucrările consfătuirii s-au desfășurat, după cum urmează:

Joi — 21 aprilie 1988

Cuvînt de deschidere — ing. Z. Koloszvary — secretar P.C.R. — Tg. Mureș, ing. Ungur Ioan CCSITMIU — Tg. Mureș

— **Cementare sau carbonitrurare în domeniul feritic?**
ing. Z. Koloszvary — CCSITMIU — Tg. Mureș

— **Tradiții ale cercetării românești în domeniul metalografiei și analizei termice (retrospectivă din anul 1900 pînă în prezent) —**
ing. H. Colan — Inst. Politehnic — Cluj-Napoca

— **Metodele termodinamice ale proceselor de carburare ale produselor din OL aliate și nealiate —**
ing. Florian Emil — Inst. Politehnic — București
ing. L. Drugă — ICSITPSC — București

— **Cementare cu bor în pat fluidizat —**
ing. R.C. Bogdan, ing. M. Teodorescu, ing. C. Ionescu, ing. V. Ștefănescu — Intr. „23 August" — București

— **Posibilități de scurtare a duratei ciclului de tratament termic la obținerea pieselor turnate —**
ing. L. Sofroni — Inst. Politehnic — București

— **Studii și experimentări privind influența geometriei și tratamentului termic aplicat tarozilor asupra durabilității în exploatare —**
ing. T. Giacomelli, ing. V. Bejan, ing. Gh. Secară — Universitatea — Brașov

— **Cercetări privind nitrurarea în plasmă a aluminiului**
ing. A. Roșu, ing. St. Kovacs, ing. Gabor Vasile — Inst. Politehnic — — Cluj-Napoca
ing. Nelida Buda — Intr. Mecanică — Orăștie

— **Tehnologie de tratament termic secundar pentru OL destinate execuției rotorilor de turbine hidraulice —**
ing. M. Truşculescu, T. Mitelea — Inst. Politehnic „Traian Vuia" — Timișoara

— **Depunerea borului la borurarea în plasmă —**
ing. Filep Emod — CCSITMIU — Tg. Mureș

— **Studii și cercetări experimetnale privind tratamentele termice aplicate arcurilor lamă de la acul de tricotat pentru transfer —**
ing. C. Dumitrescu, Rami Saban, I. Zărnescu — Inst. Politehnic — București
ing. I. Petricel, ing. R. Balinca — I.A.T. — București
ing. Gh. Ioniță — M.I.Et. — București
ing. C. Drăgan — Intr. Conect — București

— **Tratamentele termice specifice aplicate pieselor puternic solicitate în exploatare, turnate din fonte cu grafit modificat —**
ing. C. Dumitrenscu, D. Bojin — Inst. Politehnic — București
ing. M. Brînzei — Intr. de autoturisme — Pitești
ing. C. Sabău, ing. R. Bădescu — — Intr. Avioane — București
ing. C. Copeschi, ing. L. Gavrilă — I.N.M.T. — București

— **Studii privind depunerea de straturi dure pe OL prin cromare în pulberi —**
ing. St. Farkas, ing. Vlad Marius, Filimon Cătălin — C.U.G. — Cluj-Napoca

— **Efectul nitrurării asupra structurii și proprietății bronzului $CuAl_9Fe_5Ni_4Mn_1$ —**
ing. L.R. Cucuruz — Inst. Politehnic „Traian Vuia" — Timișoara
ing. I. Păun — C.C.S.I.T.E.H. — Reșița
ing. R. Maiorescu — Inst. Politehnic „Traian Vuia" — Timișoara

— **Austenita gama (rețeaua TVC) generează perlita lamelară — austenita alfa (rețeaua CVC) perlită globulară —**
ing. C. Wanyorek — Universitatea Brașov

Vineri — 22 aprilie 1988

— **Utilizarea calculatorului la conducerea proceselor de tratament termic —**
ing. G. Vermeșan, ing. V. Iancău, ing. V. Firhaga — Inst. Politehnic — Cluj-Napoca

— **Influența tratamentului termic asupra rezistenței la rupere în șocuri repetate a unor OL aliate Cr-Ni-Mo —**
ing. I. Mitelea, ing. I. Dumitru — Inst. Politehnic „Traian Vuia" — Timișoara

— **Procedeu de realizare a straturilor dure de TIN prin metoda pulverizării catodice tip magnetron —**
ing. D. Biró — Inst. de Subingineri — Tg. Mureș
ing. S. Jánosi, L. Forró — C.C.S.I.T.M.I.U. — Tg. Mureș

— **Aspecte privind borurarea în mediu lichid a unor oțeluri —**
ing. A. Săsărean — Intr. „23 August" — București

— **Determinarea tensiunilor interne într-o roată de vagon călită superficial —**
ing. F. Lammert — Intr. de Vagoane — Arad

— **Depunerea de straturi vanadiate prin împachetări în pulberi —**
ing. Vlad Gabriela, ing. Vlad Marius — C.U.G. Cluj-Napoca

— **Cercetări privind posibilitatea de obținere în țară a unor oțeluri inoxidabile austenitice durificate prin precipitare** —

ing. Const. Drăgan, ing. C. Petre, ing. M. Mitan — I. Conect — București
ing. R. Lazăr, ing. I. Glăvan — I. Oțelinox — București
ing. Cristian Drăgan — Intr. Calculatoare — București

— **Unele aspecte privind tratamentele termice aplicate matrițelor de forjat, din materialul MoCrNi$_{15}$, în vederea creșterii durabilității în exploatare** —

ing. Șt. Kovács, ing. G. Vermeșan — Inst. Politehnic — Cluj-Napoca
ing. Cs. Kelemen — Intr. Mecanică — Oradea

— **Nitrurarea ionică a oțelurilor inoxidabile**

ing. D. Iancu — Inst. Politehnic — Cluj-Napoca

— **Comparație între metodele clasice de detensionare a fontelor cenușii și determinarea prin vibrare** —

ing. Alex. Munteanu — Universitatea Brașov
ing. A. Lazăr — C.C.S.I.T.T. — Brașov

— **Influența cîmpului electromagnetic asupra nitrurării ionice** —

ing. David Leontin, Șt. Kovács, ing. Gábor Vasile — Inst. Politehnic — Cluj-Napoca

— **Cercetări privind influența tratamentelor preliminare asupra cineticii nitrurării oțelului de tip MARAGING** —

ing. D. Chircă — Inst. Politehnic — București
ing. M. Denghel — Intr. „23 August" — București

— **Influența tratamentelor termice aplicate unor aliaje metalice asupra exponentului de durificare la deformare** —

ing. N. Atanasiu — Inst. Politehnic — București
ing. Zoe Atanasiu — A.S.E. — București

— **Influența condițiilor de turnare asupra comportării la tratament termic și proprietățile fontelor cu grafit nodular bainitic** —

ing. I. Ripoșan, ing. L. Sofroni, ing. M. Chișemera — Inst. Politehnic — București
ing. Z. Demény, ing. M. Vlădoiu — Intr. Autocamioane — Brașov
ing. C. Kapusi, ing. E. Botnar — Intr. UNIO — Satu Mare
ing. C. Nicolescu — I.C.S.I.T.T.A. — Pitești

— **Aplicațiile industriale ale atmosferelor controlate neconvenționale** —

ing. D. Crăciun — Intr. „23 August" — București

— **Studiul comparativ al influenței diverselor medii de răcire asupra cîtorva mărci de oțeluri** —

ing. D. Crăciun, ing. Tudor Gheorghe, ing. M. Ionescu — Intr. „23 August" — București

— **Influența feritei delta asupra rezistenței la coroziune intergranulară a unor oțeluri inoxidabile sudabile** —

ing. D. Romulus Pascu, ing. M. Farbaș — I.S.I.M. — Timișoara

Ing. Ileana Pinchis

CEA DE A II-A „CONFERINȚĂ DE TRATAMENTE TERMICE ȘI TERMOCHIMICE ÎN PLASMĂ"

La Cluj-Napoca, în localul Casei de Cultură a Studenților, în zilele de 27—28 oct. 1988, se vor desfășura lucrările celei de a II-a **„Conferințe de tratamente termice și termochimice în plasmă".**

Tematica va cuprinde :

1. Nitrurarea în plasmă (ionică) : fenomene fizico-chimice, tehnologii utilaje și dispozitive, metode de control, aplicații industriale și rezultate obținute.

2. Alte procedee de tratamente termochimice în plasmă (carburarea, borurarea, silicierea etc.).

3. Aspecte teoretice privind fizica plasmei și noi posibilități de folosire a plasmei în tratamente termice.

4. Tratamente superficiale cu fascicule laser sau electronice.

5. Depuneri de straturi subțiri prin metode fizice și chimice, PVD, CVD și variantele acestora.

6. Alte realizări deosebite în domeniul tratamentelor termice.

Conferința este organizată de Consiliul Județean al Sindicatelor, Comisia Județeană a Inginerilor și Tehnicienilor, împreună cu Institutul Politehnic din Cluj-Napoca.

Adresa secretariatului Conferinței : Facultatea de Mecanică, B-dul Muncii nr. 105, Cluj-Napoca, cod 3400 pentru colectivul de Tratamente Termice.

Pentru informații suplimentare : Comitetul de organizare al Conferinței, Conf. dr. ing. G. Vermeșan, Facultatea de Mecanică, telefon 951/ 42387, interior 161.

I. C. T. C. M.

principalele domenii de activitate

1 Prelucrări Mecanice

Linii de prelucrare cu manipulare automată ;
sisteme complexe de fabricație ;
scule și dispozitive speciale ;
instalații de colectare a șpanului.

2 Prelucrări prin Tehnologii Neconvenționale

Tehnologii și utilaje pentru prelucrări prin :
electroeroziune ;
electrochimie ; debavurare electrochimică ;
laser ;
ultrasunete ;
fascicul de electroni.

3 Ștanțare și Deformări Plastice la Rece

Tehnologii și utilaje speciale de ștanțare ;
ștanțe complexe ;
tehnologii și scule speciale pentru deformări la rece ;
dispozitive automate de alimentare și transfer pentru prese.

4 Tratamente de Suprafață

Tehnologii, echipamente tipizate și sisteme complexe pentru :
spălarea pieselor ;
pregătirea suprafețelor prin alicare ;
acoperiri metalice ;
acoperiri prin vopsire.

5 Manipularea Automată

Sisteme cu roboți industriali ;
manipulatoare industriale ;
tehnologii și dispozitive de manipulare.

6 Montaj

Tehnologii de montaj mecanizat și automatizat ;
mașini și linii de montaj cu diferite grade de mecanizare și automatizare ;
echipamente pentru montajul selectiv ;
componente tipizate pentru sisteme de montaj.

7 Control Activ Interoperațional și Final

Mașini specializate de măsură și control ;
tehnologii și echipamente de control dimensional ;
cercetări de fiabilitate pentru echipamente mecanice.

8 Transportul Pneumatic Containerizat

Tehnologii și echipamente pentru transportul materialelor pulverulente, granulate și în vrac.

9 Organe de Mașini de Uz General

Studii și tipizări de angrenaje și mecanisme de acționare ;
cercetarea și proiectarea de reductoare, motoreductoare, variatoare de turație, cuplaje, ambreiaje și torpedouri de uz general și construcții speciale ;
atestarea prin expertize a parametrilor funcționali și a fiabilității organelor de mașini și mecanismelor funcționale ;
tribologie, studiul frecării și ungerii ;
studiul zgomotelor și vibrațiilor ;
folosirea materialelor noi în construcții de mașini.

10 Proiectarea Asistată de Calculator

Sisteme pentru pregătirea tehnologică a fabricației asistată de calculator pentru serii mici și mijlocii.

Elaborarea de pachete de programe :

— LIPCON — Programarea mașinilor-unelte cu comandă numerică ;
— LIPFOG — Elaborarea semiautomată a planurilor de croire table ;
— proiectarea constructivă asistată de calculator.

Exploatarea curentă pe echipamente din dotare (calculator, masă de desenat).

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT KÖNYVTÁR 1983

centrozap

CENTROZAP — Societate cu răspundere limitată

oferă

un sortiment larg de aparatură de laborator pentru controlul exact al materialului, al nisipului de turnătorie și al nisipului pentru miezuri.

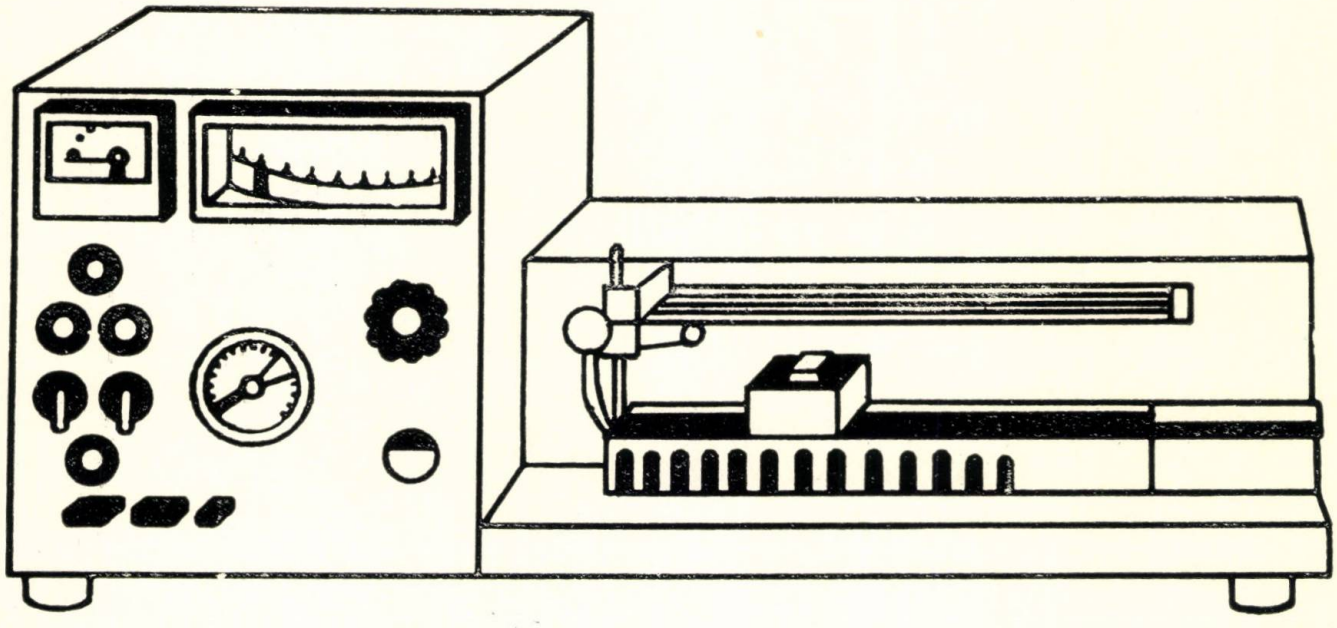
Aparatura ofertată este de inaltă calitate și se numără printre cele mai noi realizări.

Folosind această aparatură, vă îmbunătățiți calitatea producției pieselor din fontă și reduceți numărul de rebuturi.

Nu intirziați — folosiți aparatura noastră !

Pentru informații detaliate adresați-vă

Societății de comerț exterior cu răspundere limitată
CENTROZAP
Mickiewicza 29
40—085 Katowice, R. P. Polonă
Telex : 0315771 cp pl



PUBLICOM

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ
pentru
INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

difuzează în anul 1988

materiale de informare despre realizări din țară și din străinătate privind preocupările actuale în domeniul construcțiilor de mașini, de ex.: programul energetic, valorificarea surselor proprii de materii prime, calitatea produselor, economisirea materiilor prime și reciclarea deșeurilor, productivitatea muncii etc.

Materialele sînt grupate în serii:

Simbolul	Denumirea seriei
	REALIZĂRI ALE CERCETĂRII ROMÂNEȘTI
RCM	Revista „Construcția de mașini"
ID	INFORMARE DOCUMENTARĂ asupra nivelului progresului tehnic pe plan mondial în industria construcțiilor de mașini
	Informări pentru cadre de conducere:
IDCM	Informare documentară în construcția de mașini
IDCM-C	Informare documentară în construcția de mașini — conjunctură
IDCM-E	Informare documentară în construcția de mașini-energie
IDCM-O	Informare documentară în construcția de mașini-organizare
IDCM-PM	Informare documentară pentru protecția muncii
	Informări pentru specialiști:
IDT	Informare documentară în turnătorii
IDTT	Informare documentară pentru tratamente termice
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări prin deformare plastică
IDS	Informare documentară pentru sudori
IDPR	Informare documentară pentru prelucrări la rece
IDCC	Informare documentară pentru calitate și control
IDMK	Informare documentară pentru prognoză și marketing
IDAR	Informare documentară pentru automatizare, robotizare
IDRC	Informare documentară privind reducerea consumurilor de materiale și energie

Simbolul	Denumirea seriei
	SINTEZE DOCUMENTARE privind **nivelul tehnic pe plan mondial** în industria construcțiilor de mașini
SID	Noutăți în diverse domenii
	REALIZĂRI ALE UNITĂȚILOR MICM
CO, CTN, CMA, CA, PTN, SE, CSSM, RSM, CES, CTO, CT	**Cataloage de fișe tehnice** de produse, tehnologii și mecanizări, automatizări autoutilări, SDV-uri Realizări deosebite, omologări standarde etc. Realizări în sudare Echipamente de sudare Produse tipizate, descrieri de tehnologii
	DOCUMENTE NORMATIVE
BI	**Buletinul intern MICM**
NT	Normative tehnice
LPCM, R	Liste de prețuri în construcția de mașini, reduse
ITC	Indicatoare tarifare de calificare
NPM	Normative și ghid de protecția muncii în construcția de mașini
	MATERIALE DOCUMENTARE **în ajutorul proiectării și al producției**
	CERCETĂRI COMPLEXE DE INFORMARE ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ
CCIST-R și P	Cercetări retrospective și continui
SIDCM-A și B	Sistemul de informare documentară automatizat, pentru articole de revistă și brevete

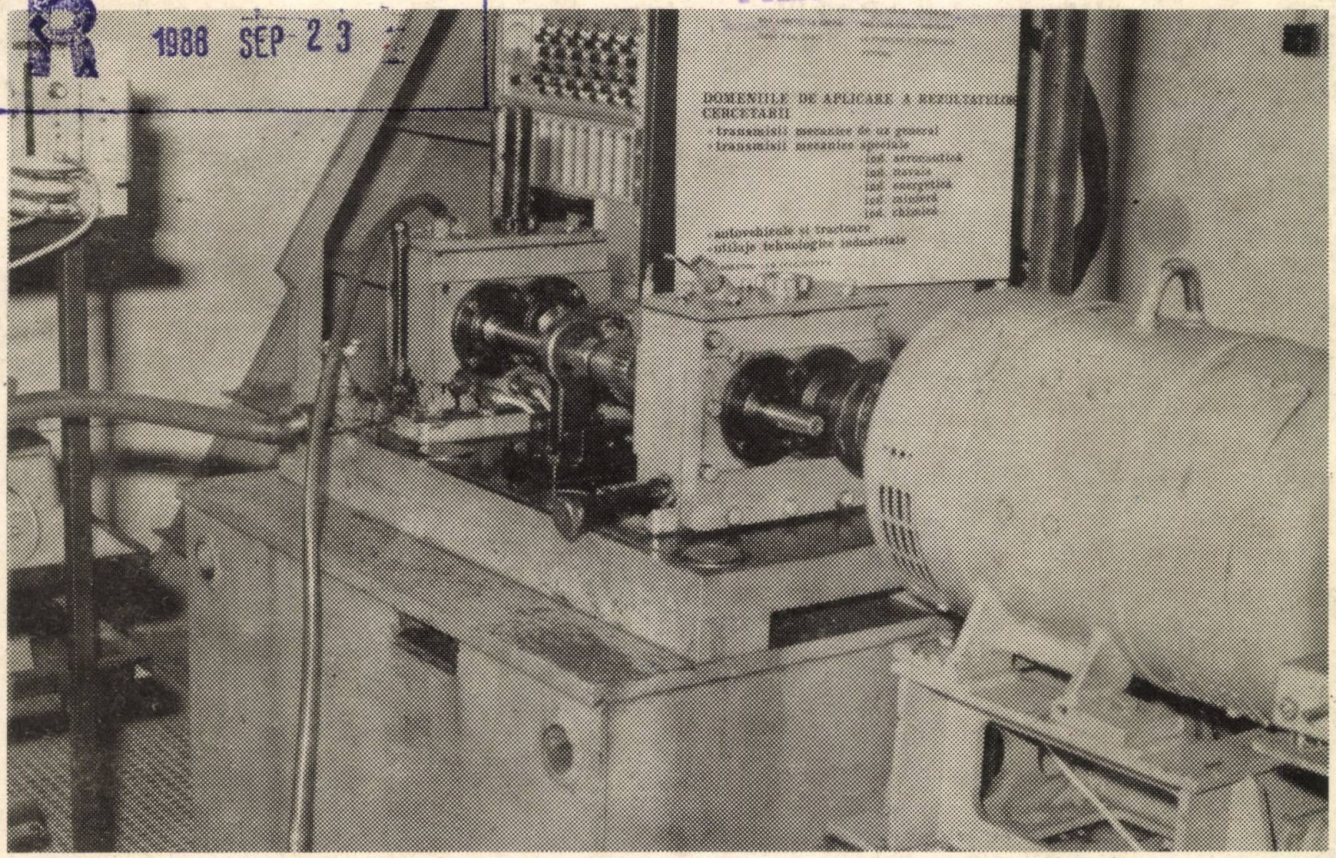
TRIBOTEHNICA '87

A V-a CONFERINȚA
A SPECIALISTILOR ÎN FRECARE,
UNGERE ȘI UZARE

BUCUREȘTI
24-26 Sept. 1987

GSE
04
3279

REFERATIVA
1988 SEP 23



CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

TRIBOTEHNICA '87

The 5th CONFERENCE
ON FRICTION, LUBRICATION
AND WEAR

BUCUREȘTI
24-26 Sept. 1987

7
1988

CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
EDITOR : OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ANUL XXXX, 7, iulie, 1988

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS ORSZÁGOS KÖZPONTI KÖNYVTÁR 1883

CUPRINS

PRODAN, GH., PAVELESCU, D.: **Tribotehnica '87** 349

OLARU, D., BĂLAN, M., CUDRIC, R.: **Model de proiectare pentru tehnologia de întreținere tribologică a utilajelor complexe** 350

MUNTEAN, C., CIOCHIRCĂ, C., TUDOR, A., RACOLȚA, P., NICUȚI, A., PETROF, M.: **Posibilități de reducere a consumului de lubrifianți în transmisiile mecanice de uz general, p. I** 354

IVANOV, E.A., NICUȚI, A., POPA-SIMIL, A., RACOLȚA, P., MUNTEAN, C., CIOCHIRCĂ, C., TUDOR, A.: **Posibilități de reducere a consumului de lubrifianți în transmisiile mecanice de uz general, p. II** 358

TUDOR, A., PRODAN, GH., CREȚIOIU, ST.: **Aspecte statistice ale microgeometriei flancurilor angrenajelor** 360

DOBRE, G., RĂDULESCU, GH., BĂRBULESCU, C.: **Cercetări experimentale privind influența factorilor tribologici asupra nivelului de zgomot emis de angrenajele cilindrice** 365

FILIPOIU, I.D.: **Determinarea experimentală a pierderilor de putere dintr-un reductor armonic** 369

RAȘEEV, M., RĂDULESCU, GH.: **Determinarea randamentului unui angrenaj cilindric cu dinți drepți** 373

PAVELESCU, D., TUDOR, A., ILIE, F., TÎNJALĂ, L., LAZĂR, C., IONESCU, D., MIHAILESCU, D., MARCOVICI, M., RACOLȚA, P., NICUȚI, A.: **Metodă de determinare a timpului optim și a programului de rodaj la motoare cu ardere internă** 377

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului Științific al Institutului Central pentru Construcții de Mașini

Redactor șef : ing. Teodosia Oprescu
Redactor : Șerban Teodorescu
Coordonator : Ing. Gheorghe Prodan

MARINCAȘ, D., BEJAN, N., IOSIF, G., BIRĂU, L. :	**Asupra modificării performanțelor motoarelor auto în procesul de uzare a „pieselor caracteristice"**	382
ANTONESCU, N.N., VOICU, E., ZECHERU, Gh. :	**Cercetări experimentale privind uzura și oboseala termică a materialelor utilizate în construcția tamburilor de frînă de la troliile instalațiilor de foraj**	385
GAFIȚANU, M., MUTU, V., TUDOSE, SANDU-VILLE, FL., RACOCEA, C.,	**Cercetări cu privire la defectările cilindrilor de laminor în legătură cu posibilitățile de recondiționare**	390
CIOCÎRDIA, C., VLASE, A., PÂRVU, C. :	**Variația uzurii sculei așchietoare în funcție de parametrii regimului de așchiere, la strunjirea oțelurilor inoxidabile**	394
OANCEA, N., TEODORESCU, M., ȚÂRU, E., CĂPĂȚÎNĂ, N., TOTOLICI, SOFIA :	**Cercetări experimentale privind durabilitatea optimă a sculelor de danturare**	398

ATTENTION !

Foreign readers can subscribe through ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex : 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ACHTUNG !

Ausländische Leser können sich abonnieren durch ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex : 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ATTENTION !

Les lecteurs étrangérs de la revue pourront prendre des abonaments par ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex : 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ВНИМАНИЕ !

Читатели иностранных стран могут абонироваться при ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex: 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

Revista „CONSTRUCȚIA DE MAȘINI", organ al Ministerului Industrei Construcțiilor de Mașini din Republica Socialistă România. Redacția la : Oficiul de informare documentară pentru industria construcțiilor de mașini, cu sediul în București, Calea Victoriei, 133, sector I, telefon 50.31.30 ; sau 59.71.35. Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament ICTCM, 30.16.7.01.01 B.N.—R.SR.. filiala sector IV sau prin mandat poștal la ICTCM, șos. Olteniței, nr. 105, București, sector 4, pentru revista „Construcția de mașini". Tarif : 150 lei anual. Costul unui exemplar : 12,50 lei Index D.E.P. 41023

Tiparul : Tipografia „Ploiești" str. Transilvaniei, nr. 29.

SUMARE

CZ : 621.746 : 531.43 : 621.72

Olaru, D., Bălan, M., Cudric, R. : **Model de proiectare pentru tehnologia de întreținere tribologică a utilajelor complexe**

Metodica prezentată vizează cel puțin trei aspecte mai importante în domeniul întreținerii utilajelor :

— introducerea tehnologiilor de întreținere în rîndul tehnologiilor proiectabile, încă din faza de concepție a utilajului ;

— facilitarea introducerii programelor de întreținere tribologică la nivel de secție sau uzină ;

— pregătirea viitorilor specialiști în domeniul întreținerii utilajelor.

Metodica poate fi adaptată proiectării pe calculator.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 7, 2 fig., 6 ref. bibl.

CZ : 621.892

Muntean, C., Ciochircă, Cr., Tudor, A., Racolța, P., Nicuți, A., Petrof, M. : **Posibilități de reducere a consumului de lubrifianți în transmisiile mecanice de uz general, p. I**

Durata de utilizare a uleiurilor poate fi prelungită cu 25—30%, dacă se respectă următoarele condiții :

— uleiurile trebuie să fie livrate cu proprietăți strict conform normativelor în vigoare ;

— diferitele șarje de ulei să fie aditivate cu aceleași pachete de aditivi, specificați în normative, în scopul conservării în timp a proprietăților lor din punct de vedere al comportării mecanice ;

— utilizatorul să urmărească permanent evoluția în exploatare a uleiurilor.

Construcția de mașini, 40 (1933), nr. 7, 3 fig., 7 ref. bibl.

CZ : 621.892

Ivanov, E.A., Nicuți, A., Popa-Simil, L., Racolța, P., Muntean, C., Ciochircă, Cr., Tudor, A. : **Posibilități de reducere a consumului de lubrifianți, în transmisiile mecanice de uz general, p. II**

Articolul prezintă aplicarea tehnicii radioactivării în strat subțire (care constă în marcarea radioactivă a stratului superficial al unei piese pe o adîncime comparabilă cu adîncimea la care se produce fenomenul de uzură), la testarea calităților antiuzură ale uleiurilor minerale românești, în vederea reducerii consumului de lubrifianți din transmisiile mecanice de uz general.

Construcția de mașini, 40 1988), nr. 7, 2 fig., 5 ref. bibl.

CZ : 621.833

Tudor, A., Prodan, Gh., Crețoiu, Șt. : **Aspecte statistice ale microgeometriei flancurilor angrenajelor**

Pentru procesele de frecare și uzare a angrenajelor, rugozitatea flancurilor reprezintă o mărime importantă, de ale cărei valori depind regimul de ungere și (eventual) intensitatea de uzare. Înregistrările rugozității flancurilor pe profilograme dovedesc că toate caracteristicile (înălțime, înclinare, pas, curbură) au o variație aleatoare. Pe baza acestor observații experimentale, lucrarea își propune să analizeze, teoretic, rugozitatea ca vector aleator multidimensional.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 7, 5 fig., 4 ref. bibl.

CZ : 621.833 : 534

Dobre, G., Rădulescu, Gh., Bărbulescu, C. : **Cercetări experimentale privind influența factorilor tribologici asupra nivelului de zgomot emis de angrenajele cilindrice**

Factorii tribologici influențează comportarea vibroacustică a transmisiei cu roți dințate determinînd, la nivelul angrenajului, și regimul de frecare-ungere. În funcție de grosimea și procentul filmului se emit, cu ponderi diferite, zgomotul de frecare și zgomotul de rugozitate. Lucrarea mai analizează și influența simultană a flancării, ca abatere geometrică și controlată de ordinul 1 a flancurilor.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 7, 7 fig., 2 tab., 5 ref. bibl.

CZ : 621.833

Filipoiu, I.D., **Determinarea experimentală a pierderilor de putere dintr-un reductor armonic**

Lucrarea descrie metodologia de determinare experimentală a pierderilor de putere parțiale din cuplele de frecare specifice transmisiilor armonice și influența diverșilor factori (turație, sarcină, lubrifiant, regim de funcționare) asupra pierderilor de putere, respectiv, a randamentului. Pentru studiul comparativ al tuturor acestor pierderi, în scopul măririi capacității portante a ansamblului deformator-roată elastică-roată rigidă, a fost concepută și realizată o instalație complexă, multifuncțională.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 7, 7 fig., 2 ref. bibl.

CZ : 621.833

Rașeev, M., Rădulescu, Gh. : **Determinarea randamentului unui angrenaj cilindric cu dinți drepți**

Pentru aprecierea funcționării unui angrenaj, prezintă interes determinarea randamentului acestuia, respectiv a pierderilor de putere din angrenare, atît în scopul economiilor de energie, cît și în cel al stabilirii regimului de ungere. Lucrarea prezintă o metodolgie de determinare experimentală a pierderilor specifice de putere și a randamentului unui angrenaj cilindric ce funcționează în regim de frecare fluid, elastohidrodinamic

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 7, 8 fig., 7 ref. bibl.

CZ : 621.431

Pavelescu, D., Tudor, A., Ilie, F., Tînjală, L., Lazăr, C., Ionescu, D., Mihăilescu, D., Marcovici, M., Racolța, P., Nicuți, A. : **Metodă de determinare a timpului optim și a programului de rodaj la motoare cu ardere internă**

Rodajul este un proces de uzare controlată care trebuie să asigure atît adaptarea suprafețelor (micro și uneori macrogeometria), cît și realizarea unei structuri cu proprietăți sporite de antifricțiune și antiuzare. Articolul examinează posibilitatea stabilirii unui program de rodaj redus pentru motoare diesel de 500—1000 kW, pentru o anumită tehnologie de finisare a cămășilor de cilindru, în următoarele etape :

— profilograme și curbe de portanță ;

— determinarea parametrului global al microgeometriei ;

— determinarea timpului optim de rodaj.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 7, 6 fig., 22 ref. bibl.

CZ : 621.431

Marincaș, D., Bejan, N., Iosif, G., Birău, L. : **Asupra modificării performanțelor motoarelor auto în procesul de uzare a „pieselor caracteristice"**

Ca sistem tehnic, complex, activ și difuz, motorul cu ardere internă de autovehicul este caracterizat prin desfășurarea unor procese staționare sau cvasistaționare (procese termoenergetice, ungere, răcire ș.a.) și a unor procese distructive (uzare și defectare) care au un caracter aleator. Articolul dezvoltă unele aspecte prezentate în [1, 2, 3], reliefînd, dintr-un nou punct de vedere, unele corelații dintre mărimea uzurii „pieselor caracteristice" (cămașă de cilindru, segment, cămă de admisie) și scăderea performanțelor m.a.i., respectiv ale autovehcilului.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 7, 1 fig., 1 tab., 5 ref. bibl.

CONTENTS

CD : 621.746 : 531.43 : 621.72

Olaru, D., Bălan, M., Cudric, R. : **Designing Instance for the Tribological Maintenance Technology of Complex Equipment**

The methods submitted refer to at lest three important aspects in the sphere of equipment maintenance:

— maintenance technologies considered as designable ones, ever since the equipment devising stage;

— easier implementation of tribological maintenance programs at a departamental or institutional level ;

— future specialists trained in the equipment maintenance field.

The relevant methods can be adjusted to computer-aided designing.

Construcția de mașini, 40 (1988), No. 7, 2 fig., 6 bibl. papers

---

DC : 621.892

Muntean, C., Ciochircă, Cr., Tudor, A., Racolța, P., Nicuți, A., Petrof, M. : **Possibilities of Cutting Down Lubricants Consumption in General Use Mechanical Transmissions, 1-st part**

The following conditions being observed, oils can be used over a period 25—30 p.c. longer :

— upon delivery, oils must have properties strictly complying with the standards in force ;

— the various oil charges must be additivated with the same additives packages specified in the standards, in order to keep their mechanical behaviour properties over a longer period ;

— the user must be steadily concerned with the operation behaviour of oils.

Construcția de mașini, 40 (1988), No. 7, 3 fig., 7 bibl. papers

---

DC : 621.892

Ivanov, E.A., Nicuți, A., Popa-Simil, L., Racolța, P., Muntean, C., Ciochircă, Cr., Tudor, A. : **Possibilities of Cutting Down Lubricants Consumption in general Use Mechanical Transmissions, 2-nd Part**

The paper deals with resorting to this layer radioactivation technology (consisting of the radioactive marking of a component outer layer for a depth comparing with that undergoing the wear) for testing he wearproof qualities of Romanian mineral oils, with a view to cutting down the lubricants consumption in general use mechanical transmissions.

Construcția de mașini, 40 (1988), No. 7, 2 fig., 5 bibl. papers

---

DC : 621.833

Tudor, A., Prodan, Gh., Crețioiu, Șt. : **Statistical Aspects of Gear Flank Microgeometry**

Flanks roughness is an important factor in gear friction and wear processes, its values influencing the lubricating duty and wear intensity (eventually). Flank roughness recorded by contour tracing show the aleatory variation of every characteristic (height, inclination, pitch, inflection). Starting from these experimental notes, the paper tends to make a theoretical analysis of roughness as multidimensional aleatory vector.

Construcția de mașini, 40 (1988), No. 7, 5 fig., 4 bibl. papers

---

DC : 621.833 : 534

Dobre, G., Rădulescu, Gh., Bărbulescu, C. : **Experimental Research into the Influence of Tribological Factors on the Cylinder Gear Noise Level**

Tribological factors influence the vibro-acoustic behaviour of gear wheel transmissions, while equally determining the friction-lubrication duty at the gear level. Function of the film thickness and percentage, the fricton and roughness noises have different levels The paper moreover analyses the simultaneous influence of outflanking, as a first class geometrical and controlled deviation of the flanks.

Construcția de mașini, 40 (1988), No. 7, 7 fig., 2 tables, 5 bibl. papers

---

DC : 621.833

Filipoiu, I.D. : **Experimental Power Loss Test for a Harmonic Reducer**

The paper presents the methods for experimentally establishing partial power losses in friction couplings specific to harmonic transmissions and the influence of various factors (rotation speed, load, lubricant, operating duty) upon power losses and efficiency, respectively. A complex, multifuncțional installation has been devised and actually made for the comparative study of all these losses, in view of increasing the supporting power of the deforming unit — elastic wheel — rigid wheel.

Construcția de mașini, 40 (1988), No. 7, 7 fig., 2 bibl. papers

---

DC : 621.431

Marincaș, D., Bejan, N., Iosif, G., Birău, L. : **On Modifying the Performances of Motor Car Engines during the Wearing Process of „Characteristic Components"**

As a technical, complex, active and diffused system, motor vehicle internal-combustion engine is characterized by stationary and quasi-stationary processes (thermopower processes, lubrication, cooling etc.) and by destructive processes (wear and tear) of an aleatory nature. The paper dwells on certain aspects presented in [1, 2, 3], while equally considering, from another viewpoint, certain correlations between the wear extent of „characteristic components" (cylinder lining, piston ring, inlet cam) and the decrease of i.c.e. performances, and of the motor vehicle, respectively.

Construcția de mașini, 40 (1988), No. 7, 1 fig., 1 table, 5 bibl. papers

---

DC : 621.839 : 621.863 : 622.242

Antonescu, N.N., Voicu, E., Zecheru, Gh. : **Experimental Research Concerning the Wear and Thermal Fatigue of Materials Used in the Manufacture of Brake Drums for Drilling Rig Hoists**

The paper first dwells on the nature of the drums cracking process (material thermal fatigue) and the factors inducing it (the quantity, type and nature of non-metal inclusions contained by the steel used for their manufacture, the parameters of the heating-cooling thermal duties during the brake operation, the state of thermal and mechanical stresses created within the material proper), then it submits several technological measures for avoiding or diminishing depreciation, while equally describing the technology and test rig of materials for drum manufacture.

Construcția de mașini, 40 (1988), No. 7, 5 fig., 14 bibl. papers

---

DC : 621.771.07

Gafițanu, M., Mutu, V., Tudose, Sandu-Ville, Fl., Racocea, C. : **Research into the Breakdown of Rolling Mill Cylinders Concerning their Restoring Possibilities**

A statistical analysis of the rolling mill cylinders wear cases offers quality considerations concerning their endurance and restoring possibilities. The paper ends with several measures for the cylinders restoring or their optimum use :

— technological considerations ;

— operational hints ;

— establishing a basic dynamic capacity of the cylinders to indicate the span between two subsequent grindings.

Construcția de mașini, 40 (1988), No. 7, 4 fig., 1 table, 7 bibl. papers

SOMMAIRES

CD : 621.746 : 531.43 ; 621.72

Olaru, D., Bălan, M., Cudric, R. : **Modèle de projet technique pour la technologie d'entretien tribologique des outillages complexes**

La méthodique présentée vise au moins trois importants aspects dans le domaine de l'entretien des outillages :

— introduire des technologies d'entretien dans la ligne des technologies projectables dès la phase de conception de l'outillage;

— faciliter l'introduction des programmes d'entretien tribologique au niveau de la section de l'usine ;

— instruire les futurs spécialistes dans le domaine de l'entretien des outillages.

Cette méthodique peut être adaptée à l'étude sur calculatrice.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 7, 2 fig., 6 réf.

CD : 621.892

Muntean, C., Ciochircă, Cr., Tudor, A., Racolţa, P., Nicuţi, A., Petrof, M. : **Possibilités de réduire la consommation de lubrifiantis dans les transmissions mécaniques à usage général (I)**

La durée d'utilisation de l'huile peut être prolongée de 25—30%, à condition de respecter les conditions suivantes :

— les huiles livrées doivent avoir des propriétés strictement conformes aux normes en vigueur ;

— les différentes charges d'huile doivent être additionnées avec les mêmes additifs spécifiés dans les normes, en vue de conserver, dans le temps, leurs propriétés du point de vue du comportement mécanique ;

— l'utilisateur doit surveiller en permanence l'évolution des huiles en exploitation.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 7, 3 fig., 7 réf.

CD : 621.892

Ivanov, E.A., Nicuţi, A., Popa-Simil, L., Racolţa, P., Muntean, C., Ciochircă, Cr., Tudor, A. : **Possibilités de réduire la consommation de lubrifiants dans les transmissions mécaniques à usage général (II)**

L'article présente l'appiication de la technique de radio-activation en couche mince (qui consiste au marquage radioactif de la couche superficielle d'une pièce sur une profondeur comparable à la profondeur à laquelle se produit le phénomène d'hsure) au test des qualités anti-usure des huiles minérales roumaines, en vue de réduire la consommation de lubrifiants dans les transmissions mécaniques à usage général.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 7, 2 fig., 5 réf.

CD : 621.833

Tudor, A., Prodan, Gh., Creţioiu, St. : **Aspects statistiques de la microgéométrie des flancs des engrenages**

La rugosité des flancs représente une grandeur importante dans les processus de friction et d'usure des engrenages ; le régime de graissage et (éventuellement) l'intensité d'usage dépendent de la valeur de la grandeur de la rugosité. Les enregistrements de la rugosité des flancs sur prophilogrammes montrent que toutes les caractéristiques (hauteur, inclinaison, pas, courbure) ont une variation aléatoire. En considérant ces observations expérimentales, cet ouvrage se propose d'analyser, du point de vue théorique, la rugosité en tant que vecteur aléatoire multidimensionnel.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 7, 5 fig., 4 réf.

CD : 621.833 : 534

Dobre, G., Rădulescu, Gh., Bărbulescu, C. : **Etudes expérimentales concernant l'influence qu'exercent les facteurs tribologiques sur le niveau du bruit émis par les engrenages des cylindres**

Les facteurs tribologiques exercent une influence sur le comportement vibro-acoustique de la transmission à roues dentées en déterminant, au niveau de l'engrenage, le régime de frottement-graissage. En fonction de l'épaisseur et du taux du film, le bruit de frottement et le bruit de rugosité sont émis à des taux différents. Cet ouvrage analyse également l'influence simultanée du flancage, en tant qu'écart géométrique et contrôlé de l'ordre 1 des flancs.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 7, 7 fig., 2 tabl., 5 réf.

CD : 621.833

Filipoiu, I.D. **Détermination expérimentale des pertes de puissance dans un réducteur harmonique**

L'ouvrage décrit la méthodologie de détermination expérimentale des pertes de puissance partielles des couples de frottement spécifiques aux transmissions harmoniques et l'influence de divers facteurs (vitesse de rotation, charge, lubrifiant, régime de fonctionnement) sur les pertes de puissance, donc du rendement. On a conçu et réalisé une installation complexe, polyfonctionnelle, destinée à l'étude comparative de toutes ces pertes, en vue d'accroître la capacité portante de l'ensemble déformateur roue élastique-roue rigide.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 7, 7 fig., 2 réf.

CD : 621.833

Raşeev, M., Rădulescu, Gh. : **Détermination du rendement d'un engrenage cylindrique à dents droites**

Pour apprécier le fonctionnement d'un engrenage, la détermination de son rendement, c'est-à-dire les pertes de puissance par l'engrenage, présente intérêt autant en ce qui concerne les économies d'énergie que de l'établissement du régime de graissage. Cet ouvrage présente une méthode de détermination expérimentale des pertes de puisance spécifiques et le rendement d'un engrenage cylindrique fonctionnant en régime de frottement fluide, élasto-hidro-dynamique.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 7, 8 fig., 7 réf.

CD : 621.431

Pavelescu, D., Tudor, A., Ilie, F., Tînjală, L., Lazăr, C., Ionescu, D., Mihăilescu, D., Marcovici, M., Racolţa, P., Nicuţi, A. : **Méthode de détermination de la durée optimale et du programme de rodage des moteurs à combustion interne**

Le rodage est un processus d'usure contrôlée qui doit assurer aussi bien l'adaptation des surfaces (micro — et parfois macro-géometrique) que la résistance d'une structure à propriétes accrues d'antifriction et d'anti-usure. Cet article examine la possibilité d'établir un programme de rodage réduit pour les moteurs diesel de 500—1000 kW, pour une certaine technologie de finissage des chemises de cylindre, selon les étapes suivantes :

— profilogrammes et courbes de portance ;

— détermination du paramètre global de la micro-géométrie;

— détermination de la durée optimale de rodage.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 7, 6 fig., 22 réf.

INHALTSVERZEICHNIS

DK : 621.746 : 531.43 : 621.72

Olaru, D., Bălan, M., Cudric, R. : **Ein Entwicklungsmodell für die Technologie der tribologischen Instandhaltung komplexer Anlagen**

Die beschriebene Methodik berücksichtigt mindestens drei Aspekte :

— Die Einführung der Instadhaltungstechnologien in die Reihe der projektierungsfähigen Technologien die bereits in der Entwicklungsphase der Anlage anwendbar sind ;

— Die Erleichterung der Einführung der Programme für die tribologische Instandhaltung auf Abteilungs — oder Werkebene ;

— Die Vorbereitung der künftigen Spezialisten im Bereich der Instandhaltung der Anlagen.

Die Methodik kann auch der rechnergestützten Projektierung angepaßt werden.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 7, 2 Fig., 6 Lit.

DK : 621.892

Muntean, C., Ciochircă, Cr., Tudor, A., Racolţa, P., Nicuţi, A., Petrof, M. : **Einige Möglichkeiten zur Herabsetzung des Schmierstoffverbrauchs bei den mechanischen Getrieben für den allgemeinen Einsatz, 1. Teil**

Die Anwendungsdauer der Schmieröle kann um 25—30% erhöht werden, wenn folgende Bedingungen berücksichtigt werden :

— Die Ole müssen mit denjenigen Eigenschaften geliefert werden, die die geltenden Normen streng einhalten ;

— Die verschiedenen Ölchargen sind mit den gleichen in den Normvorschriften angegebenen Zusatzpaketen zu additivieren im Hinblick auf die Beibehaltung ihrer sich auf das mechanische Verhalten beziehenden Eigenschaften ;

— Der Benutzer hat das Verhalten der Öle im Betrieb ständig zu überwachen.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 7, 3 Fig., 7 Lit.

DK : 621.892

Ivanov, E.A., Nicuţi, A., Popa-Simil, L., Racolţa, P., Muntean, C., Ciochircă, Cr., Tudor, A. : **Einige Möglichkeiten zur Herabsetzung des Schmierstoffverbrauchs bei den mechanischen Getrieben für den allgemeinen Einsatz, 2. Teil**

Im Beitrag wird die Anwendung der Technik zur radioaktiven Dünnschichtbehandlung (die in der radioaktiven Markierung der Oberflächenschicht eines Werkstückes besteht in einer Tiefe, die vergleichbar ist mit der Tiefe in der der Verschleiß entsteht) bei der Überprüfung der verschleißverhütenden Eigenschaften der rumänischen Mineralöle beschrieben hinsichtlich der Herabsetzung des Schmierstoffverbrauch bei den mechanischen Getrieben für den allgemeinen Einsatz.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 7, 2 Fig., 5 Lit.

DK : 621.833

Tudor, A., Prodan, Gh., Creţioiu, Şt. : **Einige statistische Aspekte der Getriebeflankenmakrogeometrie**

Die Rauheit der Flanken stellt für die Reib — und Verschleißprozesse eine wichtige Größ dar, von deren Werte die Schmierungsart und (eventuell) die Verschleißintensität abhängen. Die Aufzeichnungen der Flankenrauheit auf Profilogrammen bestätigen, daß sämtliche Kennwerte (Höhe, Neigung, Steigung, Krümmung) eine aleatorische Veränderung aufweisen. Aufgrund dieser experimentellen Beobachtungen wird im Beitrag versucht, die Rauheit theoretisch als mehrdimensionaler aleatorischer Vektor zu analysieren.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 7, 5 Fig., 4 Lit.

DK : 621.833 : 534

Dobre, G., Rădulescu, Gh., Bărbulescu, C. : **Experimentelle Untersuchungen im Hinblick auf den Einfluß der tribologischen Faktoren auf den von den Getriebestrirnrädern verursachten Geräuschpegel**

Die tribologischen Faktoren beeinflussen das vibro-akustische Verhalten des Zahnradgetriebes und bestimmen auch die Reibungs — und Schmierungsart des Getriebes. Je nach Dicke und Prozentsatz des Films werden Reib — und Rauheitsgeräusche mit unterschiedlichen Anteilen verursacht. Im Beitrag wird ferner der gleichzeitige Einfluß der Flankenausführung, als kontrollierte und geometrische Abweichung 1. Ordnung der Flanken analysiert.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 7, 7 Fig., 2 Lit.

DK : 621.833

Filipoiu I. D. : **Die experimentelle Ermittlung der Kraftverluste bei einem harmonischen Untersetzungsgetriebe**

Im Beitrag werden die Methodologie zur experimentellen Ermittlung der partiellen Kraftverluste in den speziefischen Reibungskupplungen der harmonischen Getriebe wie auch der Einfluß der verschiedenen Faktoren (Drehzahl, Belastung, Schimiermittel, Betriebsweise) auf den Kraftverlust, bzw. auf den Wirkungsgrad beschrieben. Für die vergleichende Untersuchung aller dieser Verluste im Hinblick auf die Erhöhung der Belastbarkeit der Verformbaugruppe — elastisches Rad — starres Rad — wurde eine komplexe Mehrzweckanlage entwickelt und ausgeführt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 7, 7 Fig., 2 Lit.

DK : 621.833

Raşeev, M., Rădulescu, Gh. : **Die Ermittlung des Wirkungsgrades eines Stirnradgetriebes**

Um die Betriebsart eines Getriebes einschötzen zu können, ist die Ermittlung dessen Wirkungsgrades, bzw. der Kraftverluste vom Interesse sowohl im Hinblick auf die Energieeinsparungen als auch auf die Festlegung der Schmierungsweise. Im Beitrag wird eine Methodologie beschrieben zur experimentellen Ermittlung der spezifischen Kraftverluste und des Wirkungsgrades eines Stirnradgetriebes, das mit elastohydrodynamischer flüssiger Reibung arbeitet.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 7, 8 Fig., 7 Lit.

DK : 621.431

Pavelescu, D., Tudor, A., Ilie, F., Tînjală, L., Lazăr, C., Ionescu, D., Mihăilescu, D., Marcovici, M., Racolţa, P., Nicuţi, A. : **Eine Methode zur Festlegung der optimalen Zeit und des Einlaufprogramms für Verbrennungsmotoren**

Das Einlaufen ist ein kontrollierter Verschleißprozeß, der sowohl die Anpassung der Oberflächen (der Mikro — und manchmal auch der Makrogeometrie) als auch die Realisierung einer Struktur mit hochwertigeren reib — und verschleißsicheren Eigenschaften zu sichern hat. Im Beitrag wird die Möglichkeit untersucht, einen verkürzten Einlaufprogramm für die Dieselmotoren von 500—1000 kW festzulegen für eine bestimmte Technologie der Zylinderbüchsennachbearbeitung mit folgenden Etappen :

— Profilogramme und Tragkurven ;

— Die Ermittlung des Globalparameters der Mikrogeometrie ;

— Die Festlegung der optimalen Einlaufzeit.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 7, 6 Fig., 22 Lit.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК: 621.746: 531.43: 621.72

Олару, Д., Бэлан, М., Кудрик, Р.: *Проектная модель для технологии трубологического содержания комплексного оборудования*

Представленная методика касается по крайней мере трех самых важных аспектов содержания оборудования:

— включение технологий содержания среди проектируемых технологий еще на стадии проектирования оборудования;

— облегчение внедрения программ трибологического содержания в цеха или на заводы;

— подготовка будущих специалистов в области содержания оборудования.

Методику можно приспособить к проектированию при помощи ЭВМ.

Машиностроение, 40 (1988 г), н. 7, 2 рис., 6 лит.

ДК: 621.892

Мунтян, Ч., Чокиркэ, К., Тудор, А., Раколца, П., Никуци, А., Петроф, М.: *Возможности уменьшения расхода смазочных веществ в механических передачах общего назначения*

Срок использования масел можно продлить на 25—30% при соблюдении следующих условий:

— масла поставлять со строгими свойствами согласно действующим нормативам;

— для различных порций масел использовать присадки одинаковых пакет присадок, указанных в нормативах, в целях консервации во времени их свойств с точки зрения механического поведения;

— потребитель постоянно следить за поведением масел в эксплуатации.

Машиностроение, 40 (1988 г.), н. 7, 3 рис., 7 лит.

ДК: 621.892

Иванов Е.А., Никуци А., Попа-Симил, Л., Раколца П., Мунтян Ч., Чокиркэ К., Тудор, А.: *Возможнсти уменьшения расхода смазочных веществ в механических передачах общего назначения*

В работе описывается применение технологии радиоактивизации в тонком слое (состоящей в радиоактивной маркировке поверхностного слоя детали на глубине, сравнимой с глубиной, при которой происходит износ) при испытаниях износостойких свойств румынских минеральных масел, в целях уменьшения расхода смазочных веществ в механических передачах общего назначения.

Машиностроение, 40 (1988 г.), н. 7, 2 рис., 5 лит.

ДК: 621.833

Тудор А., Продан Г., Крециою Шт.: *Статистические аспекты микрогеометрии боков зацеплений*

Для процессов трения и износа зацеплений шероховатость боков является важной величиной, от значения которой зависит режим смазки и (возможно) интенсивность износа. Записи шероховатости боков на профилограммы показывают, что все характеристики (высота, наклон, шаг, кривизна) имеют случайное изменение. На основе этих экспериментальных наблюдений работа ставит перед собой задачу теоретического анализа шероховатости как случайный многоразмерный вектор.

Машиностроение, 40 (1988 г.), н. 7, 5 рис., 4 лит.

Добре Гр., Рэдулеску, Г., Бэрбулеску К.: *Экспериментальные последования влияния трибологических факторов на уровень шума зацеплений цилиндров*

Трибологические факторы оказывают влияние на виброакустическое поведение зубчатых передач определяя на уровне зацепления и режим трения-смазки. В зависимости от толщины и процента пленки издаются по разному шум трения и шум шероховатости. В работе рассматривается также одновременное влияние фланкировния как геометрическое контролируемое отклонение первого порядка боков.

Машиностроение, 40 (1988 г.), н. 7, 7 рис., 2 табл., 5 лит.

ДК: 621.833

Филипою И.Д.: *Экспериментальное определение потерей мощности в волновом редукторе*

В работе описывается методика экспериментального определения частичных потерей мощности в парах трения, характерных для волновых передач и влияние различных факторов (число оборотов, нагрузка, смазка, режим работы) на потери мощности, на к.п.д. соответственно. Для сравнительного анализа всех этих потерей в целях повышения несущей способности деформирующего узла эластичное колесо-жесткое колесо спроектированна и изготовлена многоцелевая комплексная установка.

Машиностроение, 40 (1988 г.), н. 7, 7 рис., 2 лит.

ДК: 621.833

Рашеев М., Рэдулеску Г.: *Определение к.п.д. прямозубого цилиндрического зацепления*

Для оценки работы зацепления представляет интерес определение его к.п.д., то есть потерей мощности зацепления, в целях экономии энергии, а также установления режима смазки. В работе представлена методика экспериментального определения специфических потерей мощности, а также к.п.д. цилиндрического зацепления, работающего в эластичногидравлическом режиме жидкого трения.

Машиностроение, 40 (1988 г.), н. 7, 8 рис., 7 лит.

ДК: 621.431

Павелеску Д., Тудор А., Илие Ф., Тынжалэ Л., Лазэр К., Ионеску Д., Михэилеску Д., Маркович М., Раколца П., Никуци А.: *Способ определения оптимального времени и программы обкатки двигателей внутреннего сгорания*

Обкатка представляет собой процесс контролируемого износа, обеспечивающий как адаптирование поверхностей (микро и иногда макрогеометрию), так и создание структуры с высокими антифрикционными свойствами и износостойкостью. В работе рассматривается возможность определения сокращенной программы обкатки для дизельных двигателей мощностью 500—1000 кВт, для определенной технологии чистовой обработки гильз цилиндров на следующих этапах:

— профилограммы и кривые несущей способности;

— определение суммарного параметра микрогеометрии;

— определение оптимального времени обкатки.

Машиностроение, 40 (1988 г.), н. 7, 6 рис. 22 лит.

CZ : 621.839 : 621.863' : 622.242

Antonescu, N.N., Voicu, E., Zecheru, Gh. : **Cercetări experimentale privind uzura şi oboseala termică a materialelor utilizate în construcţia tamburilor de frînă de la troliile instalaţiilor de foraj**

După ce se indentifică natura procesului de fisurare a tamburilor (oboseală termică a materialului) şi factorii care determină declanşarea lui (cantitatea, tipul şi natura incluziunilor nemetalice din oţelul folosit, parametrii ciclurilor termice de încălzire-răcire din timpul exploatării frînei, starea de tensiuni-termice şi mecanice — cretate în material), articolul propune cîteva măsuri tehnologice pentru evitarea sau diminuarea degradării şi descrie metodologia şi standul de testare a materialelor pentru tamburi.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 7, 5 fig., 14 ref. bibl.

CZ : 621.771.07

Gafiţanu, M., Mutu, V., Tudose, Sandu-Ville, Fl., Racocea, C. : **Cercetări cu privire la defectările cilindrilor de laminor în legătură cu posibilităţile de recondiţionare**

Analiza statistică a cazurilor de uzură a cilindrilor de laminor oferă consideraţii calitative privind durabilitatea şi posibilităţile de recondiţionare a lor. În încheiere, se propun cîteva măsuri în vederea recondiţionării, ori a utilizării optime a cilindrilor, ca :

— tehnologice ;

— funcţionale ;

— determinarea unei capacităţi dinamice de bază a cilindrilor, care să indice perioada între două rectificări succesive.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 7, 4 fig., 1 tab., 7 ref. bibl.

CZ : 621.91.02

Ciocârdia, C., Vlase, A., Pârvu, C. : **Variaţia uzurii sculei aşchietoare în funcţie de parametrii regimului de aşchiere, la strunjirea oţelurilor inoxidabile**

Se prezintă cîteva rezultate experimentale obţinute la strunjirea oţelului inoxidabil românesc T7 MS Mo NC 250, precum şi variaţia uzurii sculei, în funcţie de parametrii regimului de aşchiere. Pentru determinări, s-au folosit procedee rapide, în scopul reducerii consumului de material şi scule. După determinarea relaţilor de uzură, s-au trasat şi analizat diagramele de variaţie a uzurii sculei în funcţie de parametrii regimului de aşchiere. Pornind de la criteriul unei uzuri admise a sculei, s-a stabilit relaţia vitezei de tăiere pentru cuplul „semiprodus-sculă", luat în considerare.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 7, 9 fig., 3 tab., 4 ref. bibl.

CZ : 621.914.2

Oancea, N., Teodorescu, M., Ţâru, E., Căpăţînă, N., Totolici, Sofia : **Cercetări experimentale privind durabilitatea optimă a sculelor de danturare**

Articolul descrie o metodologie de stabilire a modului optim de folosire a sculelor de danturare prin rulare, dat fiind costul foarte ridicat al acestui tip de scule.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 7, 11 fig., 1 tab., 3 ref. bibl.

DC : 621.91.02

Ciocârdia, C., Vlase, A., Pârvu, C. : **Cutting Tools Variation Function of the Cutting Duty Parameters on Stainless Steel Turning**

Several experimental results are presented obtained by turning Romainan T7 MS Mo NC 250 stainless steel, as well as the tool wear variation, function of the cutting duty parameters. Rapid methods have been used for tests, in view of cutting down materials and tools consumption. The establishing of wear relations is followed by the tracing and analysis of the tool wear variation diagrams function of the cutting duty parameters. Starting from the criterion of the admitted tool wear, the relation has been established of the cutting speed for the semi-product — tool combination under consideration.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 7, 9 fig., 3 tables, 4 bibl. papers.

DC : 621.914.2

Oancea, N., Teodorescu, M., Ţâru, E., Căpăţînă, N., Totolici, Sofia : **Experimental Research Concerning the Optimum Endurance of Tooth Cutting Tools**

The paper presents a method to establish the optimum manner of use for rolling tooth-cutting tools, considering the high price of this tool type.

Construcţia de maşini, 40 (1988), No. 7, 11 fig., 1 table, 3 bibl. papers

---

CD : 621.431

Marincaş, D., Bejan, N., Iosif, G., Birău, L. : **Au sujet de la modification des performances des moteurs auto dans le processus d'usure des „pièces caractéristiques"**

En tant que système technique complexe, actif et difus, le moteur à combustion interne du véhicule automobile est caractérisé par le déroulement de processus stationnaires ou quasi-stationnaires (processus thermo-énergétiques, graissage, refroidissement, etc.) et de processus destructifs (usure et déréglage) qui ont un caractère aléatoire. L'article expose certains aspects présentés en [1, 2, 3], en mettant en relief — d'un nouveau point de vue — certaines corrélations entre la grandeur de l'usure des „pièces caractéristiques" (chemise du cylindre, segment, came d'admission) et la diminution des performances des moteurs à combustion interne, donc du véhicule automobile.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 7, 1 fig., 1 tabl., 5 réf.

CD : 621.839 : 621.863 : 622.242

Antonescu, N.N., Voicu, E., Zecheru, Gh. : **Etudes expérimentales concernant l'usure et la fatigue thermique des matériaux utilisés à la construction des tambours de frein des treuils des instalations de forage**

Après avoir identifié la nature du processus de fissuration des tamblurs (fatique thermique du matériau) et les facteurs qui déterminent son déclenchement (la quantité, le type et la nature des inclusions non-métalliques de l'acier utilisé, les paramètres des cycles tehrmiques de chauffage-refroidissement durant l'exploitation du frein, l'état des tensions — thermiques et mécaniques — créées dans le matériau), l'article propose une série de mesures technologiques en vue d'éviter ou de diminuer la déterioration et décrit la méthodologie et le stand d'essais des matériaux servant à la construction des tambours de frein.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 7, 5 fig., 14 réf.

CD : 621.771.07

Gafiţanu, M., Mutu, V., Tudose, Sandu-Ville, Fl., Racocea, C. : **Etudes concernant la dégradation des cylindres de laminoir et les possibilités de leur reconditionnement**

L'analyse statistique des cas d'usure des cylindres de laminoir offre des considérations qualitatives concernant la durabilité et les possibilités de leur reconditionnement. En conclusion, on propose plusieurs mesures à prendre en vue de leur reconditionnement ou de l'utilisation optimale des cylindres, notamment:

— technologiques ;

— fonctionnelles ;

— la détermination d'une capacité dynamique de base des cylindres susceptible d'indiquer la période entre deux rectification successives.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 7, 4 fig., 1 tabl., 7 réf.

CD : 621.91.02

Ciocârdia, C., Vlase, A., Pârvu, C. : **Variation de l'usure de l'outil de coupe du tour en fonction des paramètres du régime de coupe des aciers inoxydables**

On présente quelques résultats expérimentaux, obtenus au tournage de l'acier inoxidable roumain T7 MS Mo NC 250, ainsi que la variation de l'usure de l'outil en fonction des paramètres du régime de coupe. Pour ces déterminations, on a utilisé des procédés rapides afin de réduire la consommation de matériau et d'outil. La détermination des relations d'usure une fois exécutés, on an tracé et analysé les diagrammes de variation de l'usure de l'outil en fonction des paramètres du regime de coupe. En partant du critère de l'usure de l'outil admise, on a établi la relation de coupe pour le couple „semi-produit — outil" pris en considération.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 7, 9 fig., 3 tabl., 4 réf.

CD : 621.914.2

Oancea, N., Teodorescu, M., Ţâru, E., Căpăţînă, N., Totolici, Sofia : **Etudes expérimentales concernant la durabilité optimale des outils à tailler les dents**

L'article décrit une méthodologie d'établir le mode optimal d'utilisation des outils à tailler les dents par roulement, étant donné le coût très élevé de ce type d'outils.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 7, 11 fig., 1 tabl., 3 réf.

DK : 621.431

Marincaş, D., Bejan, N., Iosif, G., Birău, L. : **Zur Veränderung der Leistung der Kfz-Motoren infolge des Verschleisses der „kennzeichnenden Bauteile"**

Der Kfz — Verbrennungsmotor wird als diffuses, aktives, komplexes thermisches System durch die Abwicklung von stationären oder quasistationären Prozesen, (thermoenergetischen Prozessen, Schmierung, Kühlung u.a) wie auch von zerstörenden Prozessen (Verschleiß und Beschädigung) gekennzeichnet, die einen aleatorischen Charakter aufweisen. Im Beitrag werden einige Aspekte behandelt und in [1, 2, 3], präsentiert, wobei einige Wechselbeziehungen zwischen der Größe des Verschleisses bei den kennzeichnenden Bauteile (Zylinderbüchse, Kolbenring, Einlaßnocken) und der Minderung der Leistung des Verbrennungsmotors, bzw, des Kraftfahrzeugs von einem neuen Standpunkt aus beleuchtet werden.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 7, 1 Fig., 1 Tab., 5 Lit.

DK : 621.839 : 621.863 : 622.242

Antonescu, N.N., Voicu, E., Zecheru, Gh. : **Experimentelle Untersuchungen im Hinblik auf den Verschleiß und die thermische Ermüdung der Werkstoffe, die für Bohranlagenwinden bestimmten Bremstrommeln verwendet werden**

Nach der Feststellung der Natur des Spaltungsprozesses bei den Bremstrommeln (thermische Ermüdung des Werkstoffes) und nach der Ermittlung der Faktoren, die diesen Prozeß auslösen (Menge, Typ und Natur der nichtmetallische Einschlüsse im verwendeten Stahl, die Parameter der Thermischen Zyklen Erwärmung — Kühlung während der Bremsbetätigung, die im Werkstoff hervorgerufenen thermischen und mechanischen Spannungen) werden im Beitrag einige technologische Maßnahmen zur Vorbeugung oder Minderung der Beschädigungsvorgänge vorgeschlagen wie auch die Methodologie und der Stand zur Überprüfung der Werkstoffe, die zur Ausführung der Bremstrommeln verarbeiten werden, beschrieben.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 7, 5 Fig., 14 Lit.

DK : 621.771.07

Gafiţanu, M., Mutu, V., Tudose, Sandu-Ville, Fl., Racocea, C. : **Einige Untersuchungen der Walzenbeschädigung im Hinblick auf ihre Wiederherstllungsmöglichkeiten**

Die statistische Analyse der bei Walzen aufgetretenen Verschleißfälle ermöglicht qualitative Betrachtungen, die sich auf die Dauerhaftigkeit wie auch auf die Wiederherstellungsmöglichkeiten beziehen. Abschließend werden einige Maßnahmen vorgeschlagen, die sich auf die Wiederherstellung oder auf den optimalen Einsatz der Walzen beziehen, wie :

— Technologische Maßnahmen ;
— Einsatzmaßnahmen ;
— Die Ermittlung einer dynamischen Grundleistung der Walzen, die den Zeitraum zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schleifvorgängen zu bezeichnen hat.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 7, 4 Fig., 1 Tab., 7 Lit.

DK : 621.91.02

Ciocârdia, C., Vlase, A., Pârvu, C. : **Die Veränderung des Schnittwerkzeugsverschleisses in Abhängigkeit von den Parametern des Spanvorgangs bei der spanabhebenden Bearbeitung der nichtrostenden Stähle**

Präsentiert werden einige experimentell, bei der spananbhedenden Bearbeitung des rumänischen nichtrostenden Stahls T7 MS Mo NC 250 erzielten Ergebnisse wie auch die Veränderung des Schnittwerkzeugsverschleisses in Abhängigkeit von den Parametern des Spanvorgangs. Für diese Ermittlungen wurden — zur Herabsetzung des Werkstoff und Werkzeugverbrauchs — Schnellverfahren angewandt. Nach der Ermittlung der Verschleißbeziehungen wurden die Diagramme der Veränderungen des Schnittwerkzeugsverschleisses in Abhängigkeit von den Parametern des Spanvorgangs aufgezeichnet und analysiert. Ausgehend von dem Kriterium eines zulässigen Werkzeugsverschleisses wurde die Beziehung der Schnittgeschwindigkeit für das berücksichtige Paar „Halbzeug-Werkzeug" festgelegt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 7, 9 Fig., 3 Tab., 4 Lit.

DK : 621.914.2

Oancea, N., Teodorescu, M., Ţâru, E., Căpăţînă, N., Totolici, Sofia : **Experimentelle Untersuchungen im Hinblick auf die optimale Lebensdauer der Verzahnungswerkzeuge**

Im Beitrag wird eine Methodologie zur Festlegung der optimalen Einsatzweise der Verzahnungswerkzeuge durch Rollen beschrieben unter Berücksichtigung der sehr hohen Kosten dieses Werkzeugtyps.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 7, 11 Fig., 1 Tab., 3 Lit.

ДК: 621.431

Маринкаш Д., Бежан М., Иосиф Г., Бирэу Л.: *Об изменении свойств автодвигателей в процессе износа «характерных деталей»*

Как техническая комплексная активная и диффузионная система — автодвигатель внутреннего сгорания характеризуется проведением стационарных или квасистационарных процессов (термоэнергетические, смазочные, охлаждающие и т.д. процессы), а также разрушающих процессов (износ и разрушение), имеющих случайный характер. В работе подробно описываются некоторые раньше рассматриваемые [1, 2, 3] аспекты подчеркивая с новой точки зрения некоторые соотношения между величиной износа «характерных деталей» (гильза цилиндра, кольцо, подающий кулачок) и ухудшением параметров двигателей внутреннего сгорания, то есть автомобиля.

Машиностроение, 40 (1988 г.), н. 7, 1 рис., 1 табл., 5 лит.

ДК: 621.839: 621.863: 622.242

Антонеску Н.Н., Войку Е., Зекеру Г.: *Экспериментальные исследования износа и термической усталости материалов, используемых при изготовлении тормозных барабанов лебедок буровых установок*

После установления природы процесса образования трещин на барабанах (термическая усталость материала) и факторов, определяющих его возникновение (количество, тип и характер неметаллических включений в используемой стали, параметры термических циклов нагрева-охлаждения во время работы тормоза, состояние термических и механических напряжений, создаваемых в материале) в работе предлагаются несколько технологических мер для избежания или уменьшения повреждения и описываются методика и стенд испытания материалов, используемых при изготовлении барабанов.

Машиностроение, 40 (1988 г.), н. 7, 5 рис., 14 лит.

ДК: 621.771.07

Гафицану М., Муту В., Тудосе Санду-Вилле Фл., Ракочя К.: *Исследования в области повреждения прокатных валков в связи с возможностями их восстановления*

Статистический анализ случаев изнашивания прокатных валков дает качественные соображения по их прочности и возможностям восстановления. В заключении предлагаются несколько мер по восстановлению или оптимальному использованию прокатных валков, как например:

— технологические меры ;
— функциональные меры ;
— определение основной динамической способности валков, указывающий на время между двумя последовательными операциями шлифования.

Машиностроение, 40 (1988 г.), н. 7, 4 рис., 1 табл., 7 лит.

ДК: 621.91.02

Чёкэрдия К., Власе А., Пырву К. : *Изменение износа режущего инструмента в зависимости от параметров режима резания при токарной обработке нержавеющих сталей*

Приведены несколько экспериментальных результатов, полученных при токарной обработке румынской нержавеющей стали T7MS Mo NC 250, а также изменение износа инструмента в зависимости от параметров режима резания. Для экспериментов использовали быстродействующие способы в целях уменьшения расхода материала и инструмента. После определения соотношений износа построены и рассмотрены диаграммы изменения износа инструмента в зависимости от параметров режима резания. Исходя из критерия допускаемого износа инструмента установлено отношение скорости резания для рассматриваемой пары «заготовка-инструмент».

Машиностроение, 40 (1988 г.), н. 7, 9 рис., 3 табл., 4 лит.

ДК: 621.914.2

Оанчя Н., Теодореску М., Цыру Е., Кэпэцынэ Е., Тотолич София : *Экспериментальные исследования в области определения оптимальной прочности зубообработывающего инструмента*

В работе описывается методика установления оптимального способа использования инструмента для обработки зубьев накатыванием учитывая высокую стоимость такого типа инструмента.

Машиностроение, 40 (1988 г.),, н. 7, 11 рис., 1 табл., 3 лит.

TRIBOTEHNICA '87

Prof. dr. doc. ing. Dan **PAVELESCU** — Institutul Politehnic București, președinte al Comisiei de Tribologie a C.N.I.T.
Ing. Gheorghe **PRODAN** — director general al I.C.T.C.M. București

Manifestările științifice cu denumirea „TRIBOTEHNICA" au avut loc, în ultimii zece ani, în diferite centre cultural-economice ale țării (Galați, Hunedoara, Ploiești, Iași și București). „TRIBOTEHNICA '87" și-a desfășurat lucrările la București (24—26 septembrie 1987), într-o perioadă în care întreaga economie, ca de altfel în cercetare și învățământ, se manifesta o deosebită emulație în întîmpinarea Conferinței Naționale a Partidului.

A „V-a Conferință a specialiștilor în frecare-ungere-uzare" a fost organizată și cu participare internațională. Astfel, alături de un număr mare de specialiști români, au participat și bine cunoscute personalități ale vieții științifice de profil din mai multe țări (U.R.S.S., Franța, Italia, India, R.D.G., R.S.C., R.P.P., R.P.U., R.P.B. etc.).

Atenția care s-a acordat acestei conferințe, mai mare comparativ cu aceea a conferințelor anterioare, s-a reflectat și prin participarea mai numeroasă cu lucrări în domeniul construcției de mașini, în profilul ei mai larg, acela al mașinilor de toate categoriile (de la mașini și utilaje grele la mecanică fină), din toate ramurile economiei în care „mașina" constituie un factor comun.

Același aspect rezultă și din faptul că „TRIBOTEHNICA '87" a avut ca organizatori instituții și ministere de prestigiu: Academia Republicii Socialiste România, Ministerul Educației și Învățământului, împreună cu cele trei ministere de profil ale construcției de mașini, cu Ministerul Industriei Chimice și Petrochimice, precum și cu C.N.I.T. Ca unități reprezentante organizatoare, alături de Institutul Politehnic București, Institutul de Petrol și Gaze Ploiești și Comisia de Tribologie, subliniem prezența institutelor centrale: pentru construcția de mașini (I.C.C.M.), pentru industria electrotehnică I.C.I.Et.) și pentru utilajul greu (I.C.U.G.) precum și a Institutului de Cercetări, Inginerie Tehologică, Proiectare Rafinării Ploiești, Întreprinderii „23 August" București și Întreprinderii „Mecanică" Gheorghieni.

Cele șase secții ale acestei Conferințe au fost profilate, succesiv, pe procesele de frecare, uzare și ungere ale organelor de mașini, tribologia mecanicii fine și a aparatelor de măsurare, aspectele tribologice în tehnologia construcției de mașini și în construcția și exploatarea mașinilor, anumite aspecte metalurgice ale uzării, precum și pe materiale de fricțiune și antifricțiune, lubrifianți, aditivi și testarea acestora.

În țara noastră, ca de altfel și în alte țări, a fost de mare importanță trecerea de la tribologia ca atare, ca știință a proceselor de frecare-uzare-ungere ce au loc în mașini, la **tribotehnică**, *adică partea aplicativă a tribologiei, la cercetările din aceste domenii orientate pe necesitățile industriei și ale altor sectoare ale economiei (transporturi, agricultură). Rezultatele cercetărilor românești prezentate la „TRIBOTEHNICA '87" au reflectat orientările date de Congresul al XIII-lea al P.C.R., de secretarul general al Partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu, cu privire la realizarea „triadei" învățământ-cercetare-producție, precum și la îmbunătățirea calității. Desigur, cercetările de natură tribologică și tribotehnică nu pot rezolva integral problema realizării calității mașinilor și utilajelor. Principiile și limitele acestor cercetări trebuie să fie, însă, bine cunoscute de proiectanții și constructorii de mașini, în general. Practica a arătat că nerespectarea acestor principii și rezultate conduce la serioase deficiențe de calitate și fiabilitate, în timp ce aplicarea tribologiei moderne constituie o adevărată sursă de efecte economice.*

După o evoluție relativ lentă în trecut, în deosebi în ultimele patru decenii, contribuția tribologiei pe plan mondial s-a accelerat, perioadele de aplicare a rezultatelor scurtîndu-se mult, iar cercetarea fiind propulsată de necesitățile industriei moderne, sub influența și posibilitățile create de actuala revoluție în știință și tehnică.

Îndeosebi, în ultimele trei decenii, tribologia a devenit, prin efectele ei economice — apreciate în diferite lucrări ca reprezentînd 1,5—3% din venitul național brut al statelor industrializate — o problemă ce interesează nu numai colectivele de proiectare sau cercetare ci și statele care o finanțează. Astfel, s-a produs o adevărată revoluție în tribologia însăși, prin noile ei cuceriri, ca de exemplu privind elastohidrodinamica aplicată la angrenaje, rulmenți, camă-tachet, unele variatoare; ungerea hidrodinamică aplicată la lagăre și angrenaje de mare turație și putere, ungerea turbulentă la numere Reynolds mari aplicată în lagărele din centralele nucleare, tribologia mecanicii fine, a prelucrării metalelor etc., prin realizarea de materiale noi cu caracteristici ridicate de antifricțiune sau antiuzare, de noi lubrifianți și aditivi, prin metodele moderne de investigație sau de testare etc.

Dacă ne referim la vitalitatea acestei discipline, sînt semnificative cele afirmate de David Hilbert, matematician de renume de la începutul acestui secol : „Atîta vreme cît o ramură a științei oferă o abundență de probleme, vitalitatea ei este asigurată..." ceea ce este cazul tribologiei și tribotehnicii confruntate din plin cu necesitățile construcției de mașini în înțelesul ei cel mai larg.

În ceea ce privește actualitatea tematicii conferinței „TRIBOTEHNICA '87", se poate afirma că ea a fost comparabilă cu aceea a Congreselor internaționale de tribologie ce au avut loc în 1985 în U.R.S.S. și Franța, Conferinței de la Londra din iulie 1987 etc.

În programele acestor manifestări științifice internaționale, la care ne-am referit, au fost prevăzute, alături de cercetări fundamentale și secții sau capitole de proiectare și aplicații, metode noi de studii și investigații a diferitelor probleme ce interesează construcția de mașini. Ca perspective și orientare a activității, socotim interesant de arătat că la al V-lea Congres internațional de Tribologie (Helsinki, iunie 1989) sînt anunțate secții speciale ca : tribologia ceramicii și a polimerilor, lubrifianți sintetici, prognoza uzării, tribologia structurilor depuse ; totodată se va acorda atenție problemelor tribologice din domenii ca : robotica și instrumentele de precizie, așchierea și deformarea metalelor, condițiile de diagnostic al mașinilor, condițiile externe ale mediului înconjurător etc. Remarcăm că o parte din astfel de preocupări s-au regăsit și la „TRIBOTEHNICA '87", care a sintetizat activitatea științifică din ultimii trei ani.

Pentru a fi mai bine cunoscută această activitate în țară și peste hotare, în revista „Studii și cercetări de mecanică aplicată" editată de Academia Republicii Socialiste România, precum și în revista „Construcția de mașini" sînt prezentate selectiv o parte din comunicările susținute la „TRIBOTEHNICA '87", cum este cazul prezentului număr și a celui care urmează.

CZ : 621.746 : 531.43 : 621.72

Model de proiectare pentru tehnologia de întreținere tribologică a utilajelor complexe

As. ing. Dumitru **OLARU**, as. ing. M. **BĂLAN**, as. ing. R. **CUDRIC** — Institutul Politehnic Iași

Introducere

Fiabilitatea unui utilaj este dictată, în mare măsură, de fiabilitatea cuplelor de frecare ce intră în componența acestuia. În timp ce criteriile de siguranță mecanică (tensiuni mecanice, deformații și vibrații) conduc la proiectarea unor elemente cu fiabilitate ridicată, criteriile de siguranță de natură tribologică (uzare, temperatură frecare) pot conduce la obținerea unor fiabilități ridicate, pentru cupele de frecare, dacă sînt realizate regimurile de frecare-ungere adecvate. Se poate spune deci că siguranța de natură tribologică este cea care dictează siguranța în funcționare a întregului utilaj și este, în mare măsură, influențată de modul în care se face întreținerea utilajului.

Criteriile de siguranță de natură tribologică pot și trebuie să intervină în proiectarea unui utilaj, în aceeași măsură în care intervin criteriile de siguranță de natură mecanică.

Există deja unele organe de mașini care se proiectează avînd la bază criterii de siguranță tribologică : rulmenții și roțile dințate (cu considerarea uzării prin oboseală de contact), lagărele de alunecare (cu considerarea frecării și a temperaturii), unele cuplaje (cu considerarea frecării și a uzării) etc.

Un utilaj complex cuprinde însă numeroase organe de mașini și cuple de frecare la care se utilizează încă, în mod empiric, criteriile de siguranță tribologică. Acest lucru conduce la alegerea unor lubrifianți care nu realizează, întotdeauna, regimurile de frecare-ungere optime pentru condițiile respective.

Pe de altă parte, în exploatarea utilajelor, apar unele erori de întreținere cauzate de schimbarea lubrifiantului, depășirea limitelor admisibile de uzură, degradarea lubrifianților prin neschimbarea la timp etc., ceea ce duce la apariția întreruperilor accidentale și implicit la scăderea fiabilității utilajului.

Experiența obținută în ultimii ani prin introducerea, în tot mai multe sectoare productive, a programelor de întreținere tribologică a permis să se reducă substanțial întreruperile accidentale, cu implicații asupra creșterii productivității muncii, a economisirii energiei, a lubrifianților și aditivilor.

Avînd în vedere implicațiile largi ale tribotehnicii în industria constructoare de mașini, în cadrul cursului de tribologie predat la anul V UT, din cadrul facultății de mecanică a I. P. Iași, s-a introdus noțiunea de **tehnologie de întreținere a utilajelor**, cu posi-

bilități de a se proiecta la fel ca oricare altă tehnologie. A rezultat, astfel, o **metodologie de proiectare** care a fost aplicată încă din anul universitar 1985—1986 sub forma unor proiecte de diplomă.

Lucrarea prezintă metodica de proiectare a tehnologiei de întreținere tribologică și un exemplu realizat pentru un utilaj complex dintr-o secție de turnătorie.

Metodică de proiectare a tehnologiei de întreținere tribologică

Tehnologia de întreținere tribologică a utilajelor, definită ca ansamblul măsurilor ce trebuie luate în procesul de funcționare pentru asigurarea unor regimuri de frecare-ungere adecvate cuplelor de frecare, poate fi proiectată, în principiu, după următoarele etape :

— stabilirea calităților de lubrifiant la nivel de cuplă de frecare, de subansamblu și utilaj ;

— stabilirea perioadelor de intervenție la nivelul cuplelor de frecare prin control, completare sau înlocuire de lubrifiant ;

— codificarea tuturor cuplelor de frecare și a tipului de intervenție și simbolizarea lor pe desenele de ansamblu sau de subansamblu;

— întocmirea fișei de ungere.

Dacă această tehnologie se proiectează chiar în faza de concepție a utilajului, atunci etapele prezentate mai sus au la bază etape de realizare a condițiilor de **optim tribologic** pentru cuplele de frecare, prevăzut ca etapă importantă în proiectarea generală a utilajului.

Realizarea **condițiilor de optim tribologic** la nivelul fiecărei cuple de frecare presupune alegerea judicioasă a materialelor, a calității suprafețelor, a tratamentelor termice și termochimice, a lubrifianților și aditivilor, a sistemelor de ungere, de etanșare și filtrare, în strînsă concordanță cu elementele cinematice și dinamice ale cuplei [6].

Pentru inginerul de întreținere, baza de plecare în tehnologia de întreținere tribologică este dată de documentația tehnică a utilajului, completată cu documentațiile de ungere specifice diverselor cuple de frecare. Cantitățile și calitățile de lubrifiant necesare sînt, de obicei, indicate în aceste documentații, cel puțin pentru cuplele de frecare de importanță vitală (rulmenți, roți dințate, lagăre, ghidaje etc.).

În general, în aprecierea cantității de lubrifiant, se au în vedere următoarele aspecte :

— asigurarea realizării regimurilor de frecare-ungere adecvate cuplelor de frecare ;

— asigurarea preluării căldurii și a particulelor de uzură ;

— realizarea etanșării și a protecției anticorozive.

În general, la ungerea cu ulei, aceeași cantitate de ulei realizează în același timp mai multe funcții, în timp ce la ungerea cu unsoare doar o cantitate mică de unsoare asigură ungerea. Totodată degradarea în timp a lubrifiantului, ca urmare a temperaturii, a tensiunilor mecanice din film și a contaminării cu particule abrazive, este influențată și de cantitatea de lubrifiant ce participă în procesul de ungere. Stabilirea perioadelor de intervenție la nivelul cuplelor de frecare are la bază procesul de degradare în timp a lubrifiantului, corelat cu pierderea, în timp, a unor cantități de lubrifiant prin sistemul de etanșare sau prin evaporare. În general, în documentațiile utilajului există indicații privind perioadele de control, completare sau înlocuire a lubrifianților, pentru diversele cuple de frecare. Aceste perioade trebuie însă corelate și cu unele particularități specifice condițiilor de lucru ale utilajului (zgomot, praf, temperatură umiditate etc.), precum și cu sistemele de etanșare utilizate.

Proiectul trebuie să cuprindă și indicarea perioadelor pentru controlul de laborator al lubrifiantului, în special în cazul ungerii centralizate [2]. Totodată, pe baza normativelor existente, se stabilesc și duratele de timp necesare pentru efectuarea operațiilor de control, completare sau schimbare a lubrifiantului.

Toate informațiile referitoare la ungerea utilajului sînt codificate [1] și indicate, sub diverse forme, pe cele două desene care se întocmesc în final. Astfel se întocmește un desen de ansamblu sau desene de subansamblu, care să cuprindă toate cuplele de frecare și punctele de ungere ale utilajului, cu o simbolizare corespunzătoare și fișa de ungere în care sînt cuprinse toate informațiile legate de ungerea utilajului [6].

Proiectul de întreținere tribologică trebuie corelat cu planul de reparații și revizii ale utilajului pentru stabilirea periodicității ungerii și a „perioadelor de decalare" [1].

Se are în vedere ca la întocmirea fișei de ungere, precum și la codificarea operațiilor, să se realizeze o uniformizare pe diverse mașini din secție sau uzină, în vederea adaptării proiectului la un **program de întreținere tribologică, cu urmărire pe calculator** la nivel de secție sau uzină.

Aplicații

Pe baza metodicii prezentate mai sus, s-a elaborat un proiect de diplomă avînd ca temă **„Întreținerea tribologică pentru o mașină de amestecat tip staționară utilizată într-o secție de turnătorie".**

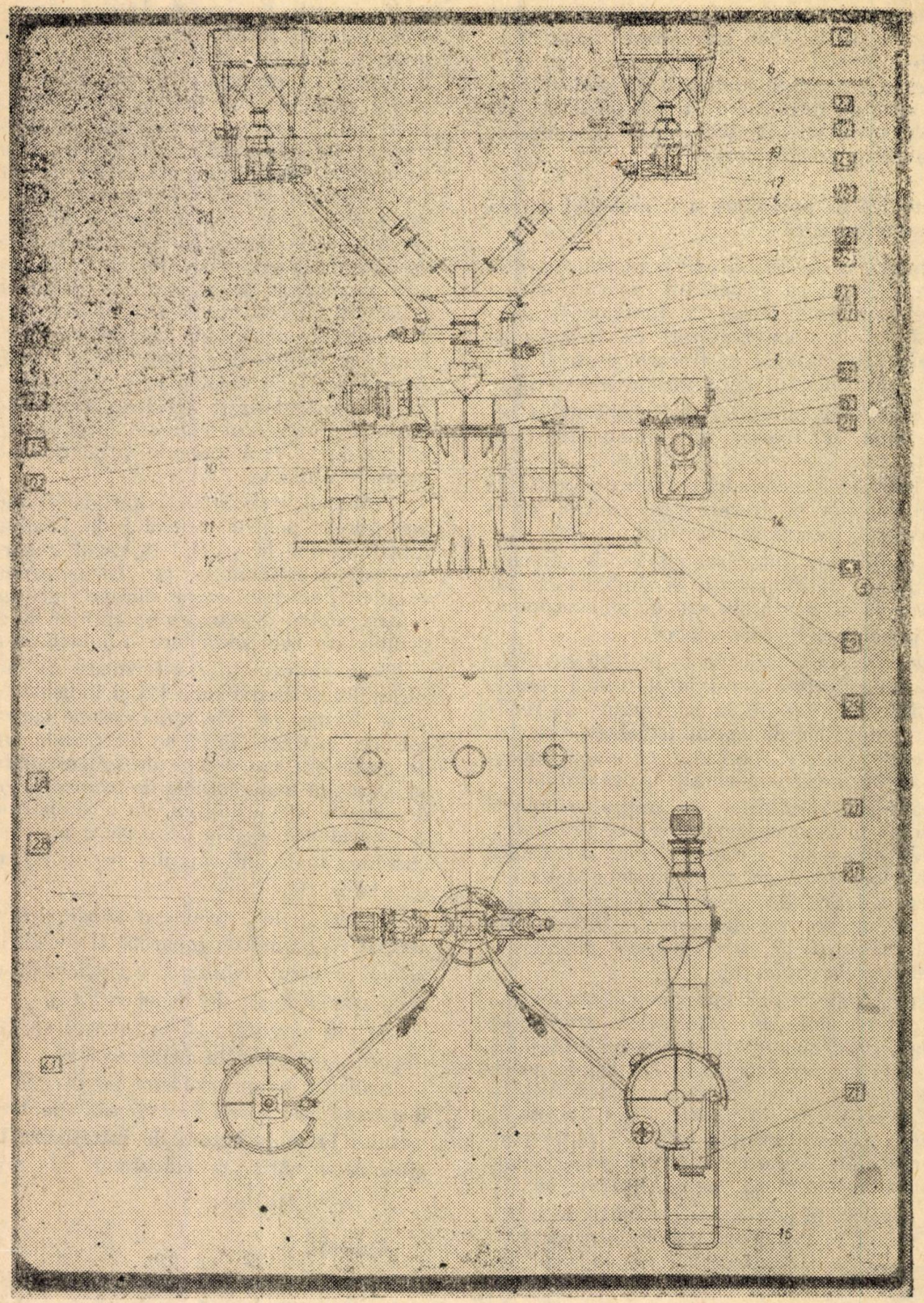


Fig. 1

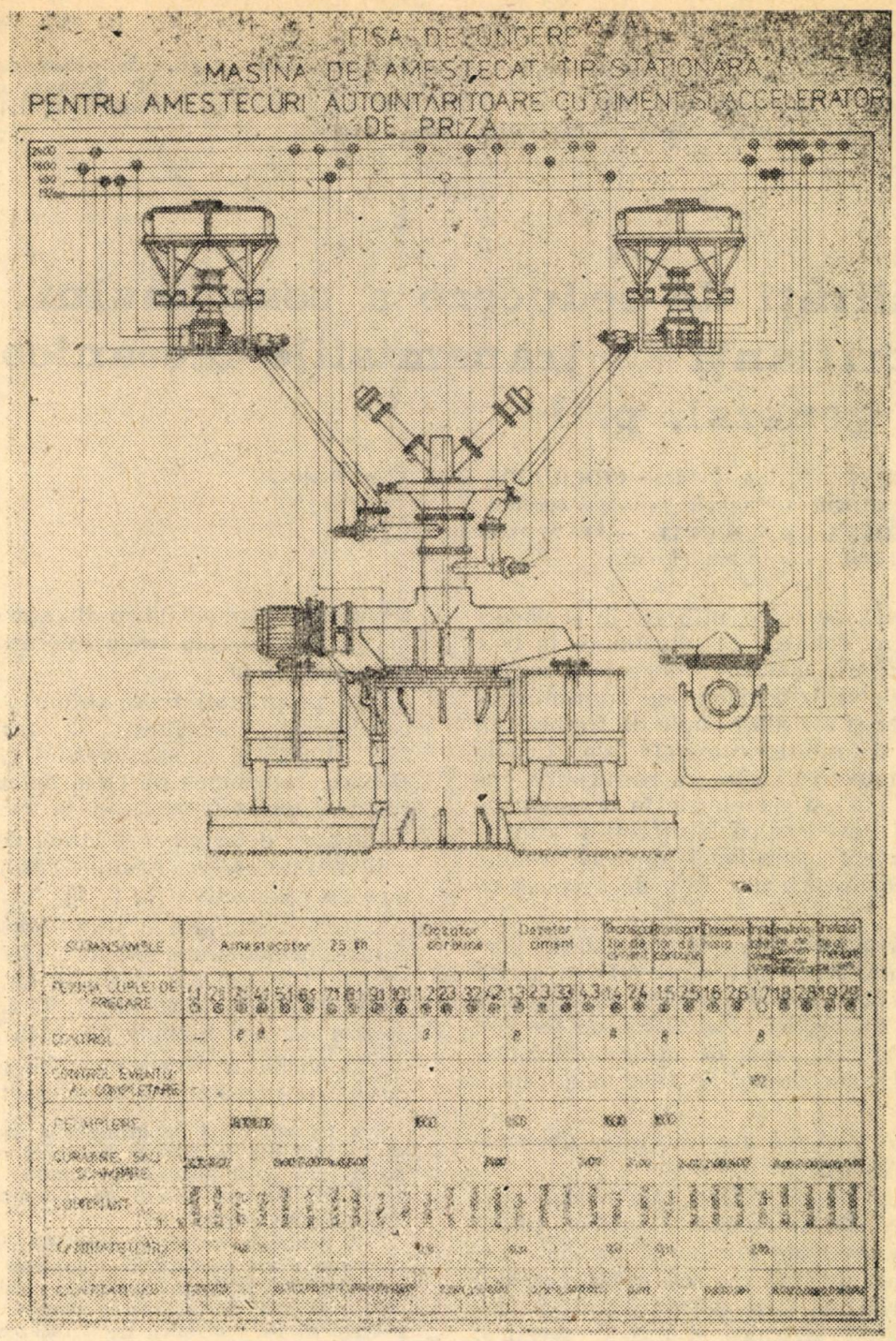


Fig. 2

Proiectul a cuprins și calculul optimului tribologic pentru diverse cuple de frecare, iar cantitățile și calitățile de lubrifiant au fost determinate pe baza documentației tehnice și a literaturii de specialitate. Poziționarea cuplelor de frecare este făcută în figura 1, iar fișa de ungere este dată în figura 2.

Concluzii

Metodica prezentată mai sus vizează cel puțin trei aspecte mai importante în domeniul întreținerii utilajelor :

— introducerea tehnologiilor de întreținere în rîndul tehnologiilor proiectabile încă din faza de concepție a utilajului ;

— facilitatea introducerii programelor de întreținere tribologică la nivel de secție sau uzină ;

— pregătirea viitorilor specialiști în domeniul întreținerii utilajelor.

Metodica poate fi adaptată proiectării pe calculator.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Crudu, I. ș.a.* : Schema logică și program pentru ungerea unei secții tehnologice. In TRIBOTEHNICA '78, Galați.

[2] *Dobrescu, C. ș.a.*: Lubrifianți pentru angrenaje. Ed. Tehnică, București, 1984.
[3] *Gafițanu, M. ș.a.*: Organe de mașini. Vol. I și II, Ed. Tehnică, București, 1981, 1983.
[4] *Kragelsky, I.V.*: Friction Wear Lubrication. Vol. I, II 1981, Vol. III 1982, Mir Publishers, Moscow.
[5] *Pavelescu, D. ș.a.*: Îndrumar de calcul. Tribologie. Litografia I.P. București.
[6] *Pavelescu, D.*: Tribotehnica, Ed. Tehnică, București, 1983.

CZ : 621.892

Posibilități de reducere a consumului de lubrifianți în transmisiile mecanice de uz general, p. I

Ing. Cornel **MUNTEAN**, ing. Cristian **CIOCHIRICĂ** — I.C.T.C.M. București
S.l. dr. ing. A. **TUDOR** — Institutul Politehnic București
Fiz. Petre **RACOLȚA**, fiz. A. **NICUȚI** — I.F.I.N. București
Dr. ing. M. **PETROF** — I.C.I.T.P.R. Ploiești

Transmisiile mecanice, utilizate în construcțiile de mașini, folosesc ca lubrifianți, în cele mai multe cazuri, uleiurile minerale. Complexitatea aspectelor tribologice ale transmisiilor cu roți dințate și ale altor cuple de frecare din reductoarele și multiplicatoarele de turație (lagăre cu alunecare, lagăre cu rostogolire, cuplaje dințate etc.) și cercetările în domeniu pe plan mondial dovedesc că lubrifiantul constituie un element operațional, de care trebuie să se țină seama încă din faza de proiectare [1].

În acest scop este necesară cunoașterea performanțelor uleiurilor noi și în diferite stadii de uzare. Pe baza performanțelor uleiului și a parametrilor tribologici ai cuplelor de frecare, se stabilește durata reală de utilizare a lubrifiantului, respectiv timpul de funcționare între două înlocuiri.

Punerea în evidență a acestora s-a determinat cu următoarea metodologie :

— testarea proprietăților lubrifiante (coeficient de frecare, intensitate de uzare, limită de gripare pe epruvete Timken și Amsler, precum și clasa de utilizare pe roți dințate etalon) pentru uleiurile noi și în diferite stadii de degradare mecanică, termică și mecano-termică;

— determinarea proprietăților fizico-chimice ale uleiurilor noi și degradate.

Degradarea mecano-termică a uleiurilor s-a efectuat în laborator, pe standuri de tip cu roți dințate și pe standuri de produse, precum și în exploatare la beneficiar, direct pe utilaje (reductoare din industria cimentului, chimică, minieră ca și în cutiile de viteze ale unor autovehicule) [7].

Degradarea termică a uleiului o constat în păstrarea uleiului nou, neutilizat, în etuvă la temperatura de echilibru din standurile de probă, pe toate durata testării de anduranță a uleiului pe stand.

Ca proprietăți fizico-chimice, s-au luat în considerație vîscozitatea la temperatura de 50^0C (100^0C) și la temperatura medie de funcționare, coroziunea pe lama de cupru, conținutul de impurități mecanice și apă [2, 3, 4].

Pentru determinarea clasei de utilizare, pe roți dințate etalon (testul FZG), s-a utilizat metoda radioactivă [5, 6, 7].

Au fost studiate și s-au obținute rezultate pentru următoarele uleiuri : TIN 55 EP, TIN 82 EP, TIN 125 EP, TIN 210 EP, TIN 300 EP, STAS 10588-76, T 90 EP, 2, STAS 8960-79 ulei pentru danturi hipoide NI 1446-79 [2].

La încheierea experimentărilor putem trage, pe scurt, următoarele **concluzii :**

1. Durata reală de utilizare a uleiurilor trebuie să fie stabilită în funcție de cazul concret al cuplei de frecare și al încărcărilor limită (presiune hertziană, de contact, viteză de alunecare, temperatură de funcționare etc.).

2. Pentru a nu se produce deteriorarea prin gripare sau uzare accentuată a cuplelor de frecare (angrenaje), nici la finele duratei de utilizare a uleiului, se recomandă ca încărcarea nominală a cuplei respective să fie mai mică decît încărcarea corespunzătoare testului de performanță test pe standul Timken și pe standul FZG).

3. Din punct de vedere tribologic, uleiul pentru transmisii mecanice cu angrenaje trebuie scos din serviciu atunci cînd :

— treapta de încărcare, stabilită cu testul FZG, scade cu 2 clase față de uleiul nou ;

— sarcina limită unitară de gripare, stabilită cu testul Timken scade cu 50% față de uleiul nou.

Din punct de vedere fizico-chimic se apreciază că uleiul trebuie scos din serviciu atunci cînd :

— vîscozitatea cinematică crește cu 20% ;

— apar impurități mecanice peste 0,3% ;

— impurificarea cu apă crește peste 0,2%.

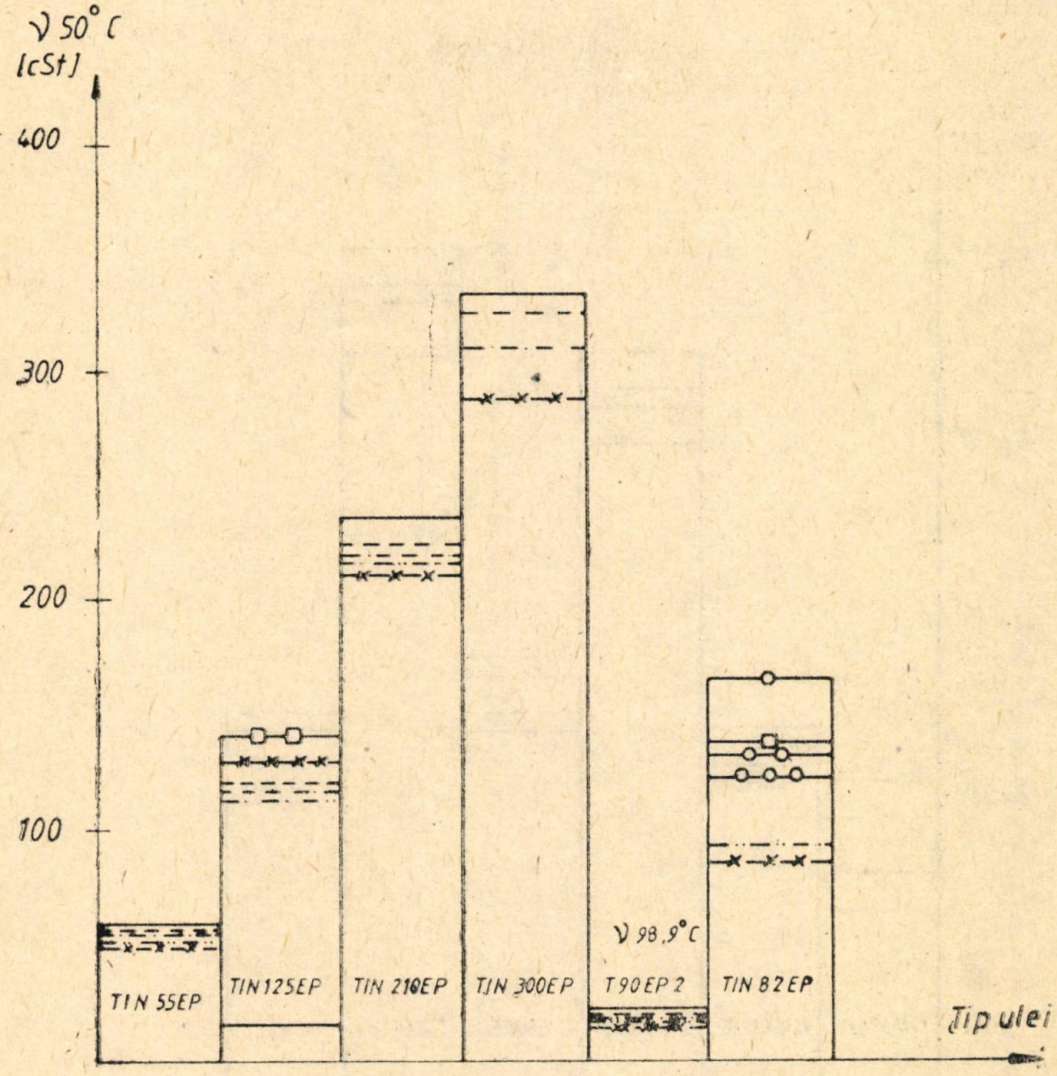


Fig. 1 Vîscozitatea cinematică a uleiului nou și în diferite stadii de uzare.

Legendă :

$3{,}6 \times 10^8$ cicli	———	uzat 3000 h	—○—
$1{,}7 \times 10^8$ cicli	— — — —	uzat 2000 h Gîrla	—○—○—
10^8 cicli	— . — . —	uzat 1000 h Gîrla	—○—○—○—
nou ICITPR	— .. — .. —	uzat 200 h	—□—
nou conf. STAS	—*—	uzat 2000 h Tismana	—□—□—
nou PECO	—*—*—		

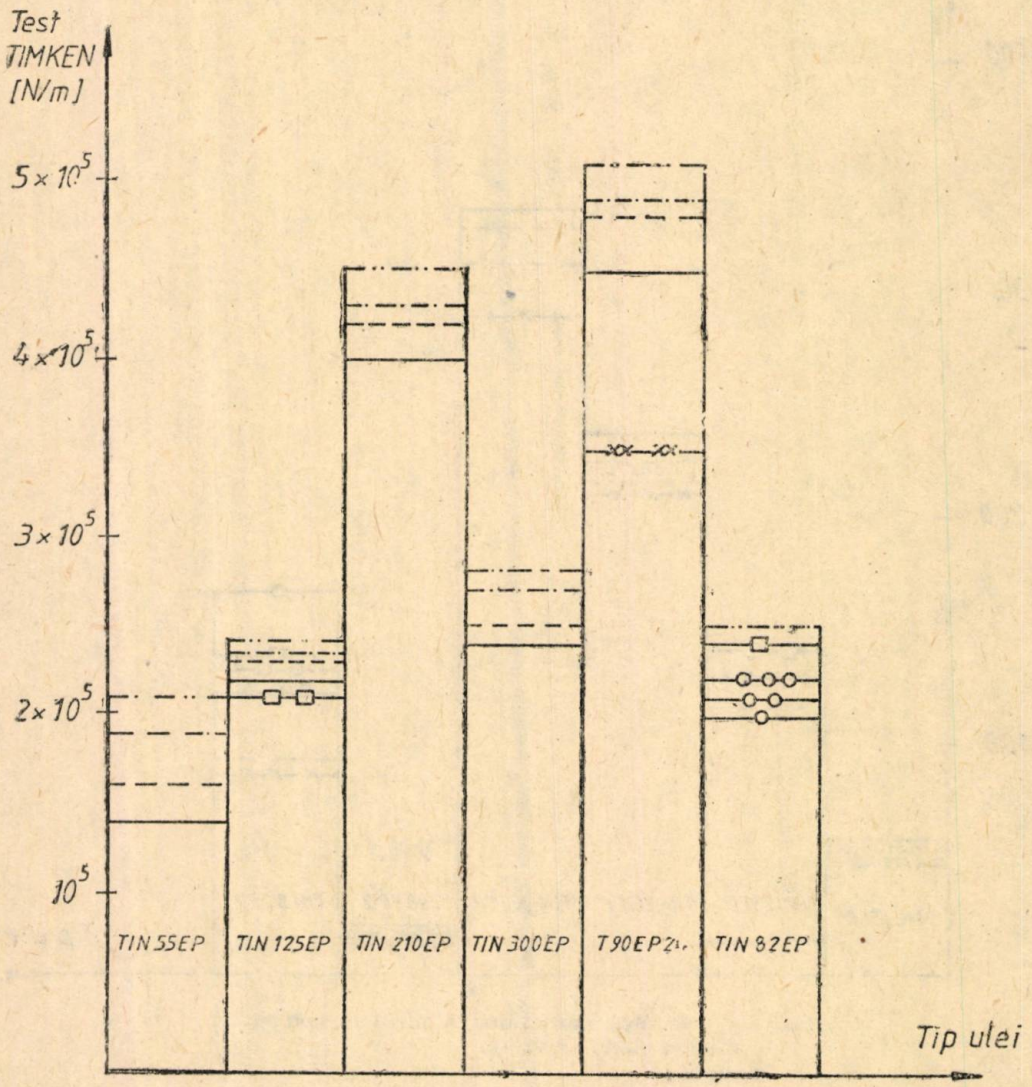


Fig. 2 Sarcina de gripaj a uleiului nou și în diferite stadii de utilizare.

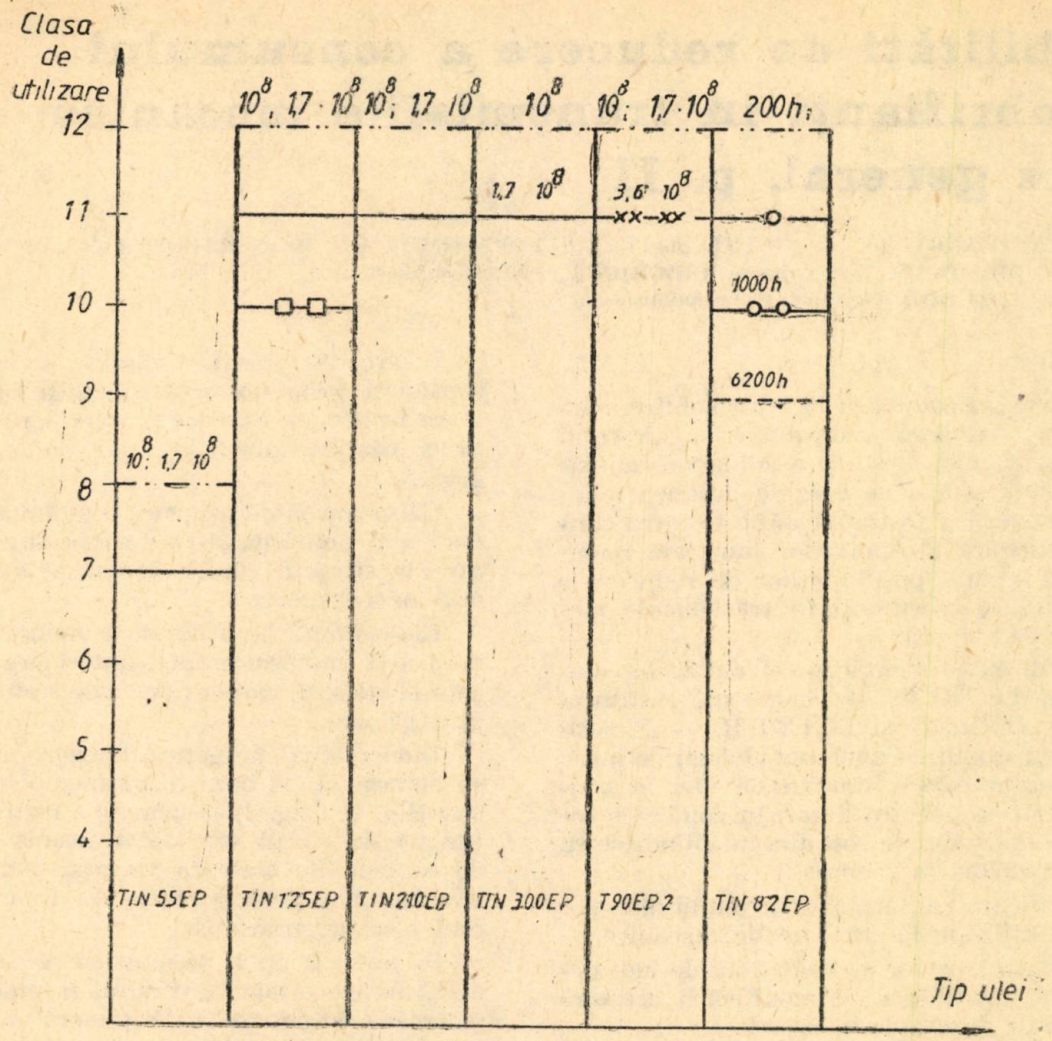


Fig. 3 Clasa de utilizare (test FZG) a uleiurilor noi și în diferite stadii de uzare.

4. Comparînd duratele de utilizare pentru mărcile de uleiuri studiate, indicate în normativele de consum, cu rezultatele experimentale obținute, putem afirma că pentru toate mărcile de uleiuri studiate, durata de utilizare poate fi prelungită cu 25—30%, cu obligativitatea respectării următoarelor condiții:

— producătorul să livreze uleiurile cu proprietăți strict conform normativelor în vigoare;

— diferitele șarje de ulei să fie aditivate cu aceleași pachete de aditivi, specificați în normative, pentru ca proprietățile din punct de vedere al comportării mecanice să nu se modifice în timp;

— utilizatorii să urmărească în permanență evoluția în exploatare a uleiurilor.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Pavelescu, D., Mușat, M. ș.a.*: Tribologie, București, Ed. Did. și Ped., 1977.

[2] x x x: Produse petroliere (Catalog), București, PECO, 1981.

[3] *Papa, St., Dobrescu, C. ș.a.*: Uleiuri minerale pentru utilaje industriale, E.T., 1978.

[4] *Dobrescu, C., Petrof, M., Florea, F.*: Lubrifianți pentru angrenaje, E.T., 1984.

[5] x x x: ICPTCM București și Catedra Organe de mașini — I.P. București, Influența lubrifierii asupra fiabilității și capacității portante a angrenajelor cilindrice exterioare, Studiu asupra metodologiei și programului de experimentare, 1973.

[6] x x x: ICTCM București și Catedra Organe de mașini — I.P. București, Experimentări privind influența lubrifierii asupra capacității portante a angrenajelor, 1978.

[7] x x x: ICTCM București și Colaboratorii, Reducerea consumului de lubrifianți în transmisiile mecanice de uz general, inclusiv întocmirea propunerilor de normative de consum, elaborate pe baza cercetărilor experimentale privind lubrificația, frecarea și uzarea organelor de mașini, 1986.

CZ : 621.892

Posibilități de reducere a consumului de lubrifianți în transmisiile mecanice de uz general, p. II

Dr. ing. E.A. **IVANOV**, fiz. A. **NICUȚI**, ing. fiz. L. **POPA-SIMIL**, fiz. Petre **RACOLȚA** — I.F.I.N. București
Ing. Cornel **MUNTEAN**, ing. Cristian **CIOCHIRCĂ** — I.C.T.C.M. București
Dr. ing. Andrei **TUDOR** — Institutul Politehnic București

Introducere

Tehtnica radioactivării în strat subțire, care constă în marcarea radioactivă a stratului superficial al unei piese pe o adîncime comparabilă cu adîncimea pe care se produce fenomenul de uzură, a fost aplicată la testarea calităților antiuzură ale uleiurilor minerale românești și la studiul posibilităților de reducere a consumului de lubrifianți în transmisiile mecanice de uz general.

Obiectul experimentărilor efectuate în colaborare cu I.C.T.C.M. — București, Institutul Politehnic Bucure.ti și I.C.I.T.P.R. — Ploiești se referă la stabilirea unei metodologii de lucru pentru determinarea filmului de ulei în contactele hertziene de tip liniar, în condițiile încercării pe un stand cu roți dințate cilindrice cu geometrie etalon, în vederea :

— verificării calității și controlului mărcilor uleiurilor utilizate la transmisiile mecanice ;

— stabilirii performanțelor inițiale ale uleiurilor noi, neutilizate, și modificării acestora în funcție de durata de utilizare.

Determinarea rezistenței la presiuni ridicate pe cupla de frecare de tip roți dințate constă dintr-o serie de încercări prin care se stabilește :

— încărcarea specifică limită a uleiului ;

— clasa limită de utilizare a uleiului mineral destinat cuplelor cu contacte liniare ;

— intensitatea energetică de uzare a flancurilor angrenajului cu geometrie etalon, lubrifiat cu uleiul care se verifică.

Testele diferitelor tipuri de uleiuri minerale românești au fost efectuate pe un stand de probă al I.C.T.C.M., utilizînd metodologia de lucru cu izotopi radioactivi.

Modul de lucru

Principiul de lucru constă în funcționarea unui angrenaj cu roți dințate cilindrice cu dinți drepți, cu geometrie etalon, în uleiul mineral de încercat, în condițiile ungerii prin barbotare un timp stabilit, la turație constantă, în anumite condiții de temperatură și la sarcină variabilă în trepte.

Încărcarea specifică limită a uleiului se consideră forța normală specifică corespunzătoare treptei de încărcare, anterioare treptei în urma căreia flancurile s-au deteriorat prin gripare.

Clasa limită de utilizare a uleiului se consideră a fi numărul treptei anterioare de încărcare la sfîrșitul căreia flancurile s-au deteriorat prin gripare.

Clasa limită de utilizare a uleiului se consideră a fi numărul treptei anterioare de încărcare la sfîrșitul căreia flancurile s-au deteriorat prin gripare.

Intensitatea energetică de uzare maximă *IU* se determină pe baza diagramei pierderii masice (fig. 1 și fig. 2) ca urmare a uzurii ΔM, în funcție de lucrul mecanic transmis prin zona de contact. Se trasează variația pierderii masice totale (pinion + roată), în funcție de lucrul mecanic transmis.

Se notează cu **E** punctul de pe curba pierderii masice totale la sfîrșitul treptei a 4-a de încărcare. Se notează cu **V** punctul de pe curba pierderii masice totale în care pierderea masică, ca urmare a uzurii, crește foarte puternic. Creșterea se consideră foarte puternică la sfîrșitul unei trepte, atunci cînd pierderea masică totală depășește cu 10 mg pierderea masică din treapta anterioară. Se definește intensitatea energetică de uzare maximă *IU* ca raportul dintre pierderea masică dintre punctele **E** și **V** și lucrul mecanic transmis între aceste puncte :

$$IU = \frac{\Delta m_V - \Delta m_E}{L_{t_V} - L_{t_E}}$$

Pentru determinarea pierderii masice se pot folosi două metode :

— metoda gravimetrică ;

— metoda radioactivării în strat subțire a flancurilor angrenajului.

Metoda gravimetrică necesită cîntărirea individuală a pinionului și a roții, cu o precizie de $\pm$ 1 mg la o masă minimă de 1,3 Kg.

Metoda radioactivării în strat subțire a flancurilor de atac ale angrenajului presupune marcarea radioactivă a flancurilor pinionului și roții.

Marcarea radioactivă se realizează prin utilizarea particulelor accelerate (protoni sau deuteroni) de la ciclotronul IFIN. Adîncimea maximă a zonei marcate este de 0,3 — 0,4 mm, pe toată suprafața de contact a angrenajului.

— vas de colectare a uleiului de studiat în stand care se racordează în circuit închis la standul de probă ;
— protecție de plumb în jurul vasului de colectare, pentru a creștere sensibilitatea

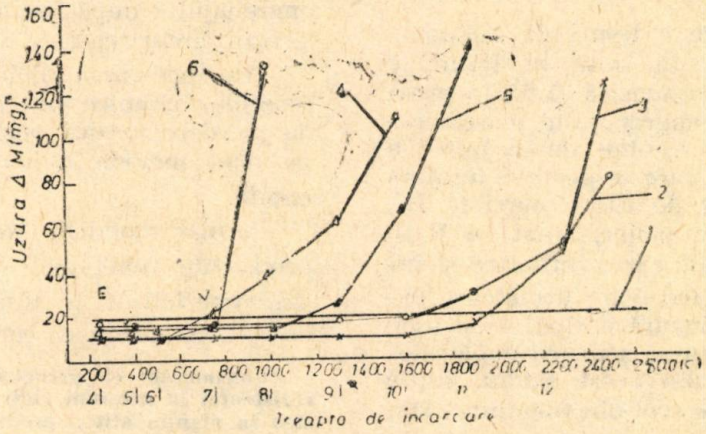


Fig. 1 Compararea calităților antiuzură a șase tipuri de uleiuri minerale românești folosind tehnica activării în strat subțire Test FZG.

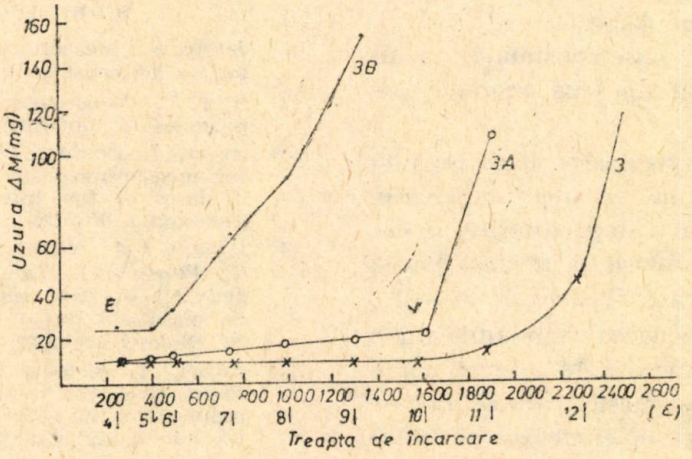


Fig. 2 Modificarea calităților antiuzură ale uleiului tip 3 după folosire Test FZG.
(x) 3 ulei nou
(o) 3 A ulei tip 3 uzat ca urmare a folosirii la șenila unui excavator care a funcționat 500 ore
(●) 3 B ulei tip 3 uzat ca urmare a folosirii la banda transportoare a aceluiași excavator după o funcționare de 500 ore

La standul de încercare a angrenajelor se racordează în circuit o instalație pentru controlul uzurii cuplei în circuitul de ulei al standului.

Această instalație este compusă din următoarele :

— analizor spectroscopic ;
— sondă spectroscopică de înregistrare a radiațiilor gama ce se acumulează în circuitul de ulei al standului, în urma procesului de uzură a flancurilor angrenajului marcat radioactiv ;
de detecție prin ecranarea sondei spectroscopice de fondul de radiație cosmică;
— instalație de vehicule a uleiului de încercat de la baia de ulei a angrenajului la vasul de colectare și înapoi.

Printr-o metodologie de calibrare și etalonare comparativă, numărul de impulsuri detectat de sonda spectroscopică și afișat pe analizatorul spectroscopic se transformă în pierdere masică a angrenajului, rezultată în urma procesului de uzură.

Pragul de sensibilitate a determinărilor pierderilor mașice prin metoda radioactivării este de 40 g/cm^2 — suprafață radioactivată a flancului angrenajului.

Rezultate experimentale și concluzii

Au fost selecționate 6 tipuri de uleiuri a căror performanță este ilustrată în figura 1 prin curbele de pierdere masică ΔM, în urma procesului de uzură a angrenajului marcat radioactiv, în funcție de treptele de încărcare a standului. O curbă din care se poate determina intensitatea energetică de uzare maximă *IU*, prezintă la început un palier, notat cu **E** în dreptul treptei nr. 4, ale cărui întindere și înclinare pe treptele de încercare următoare depinde de calitatea antiuzură a tipului de ulei, urmat de o creștere bruscă a uzurii cuplei notată cu *V*. Începînd din acest stadiu, roțile dințate se gripează și se scot din funcțiune. Din figura 1, se observă că uleiul tip 1 are cele mai bune calități antiuzură, deoarece în decursul celor 12 trepte de încercare uzura s-a menținut constantă la un nivel scăzut, iar uleiul tip 6 are calități mai slabe.

Conform cu performanța constatată, uleiul este recomandat pentru tipul de angrenaj corespunzător.

Prezintă interes și precizarea dacă un ulei uzat după un număr de ore de funcționare, sau un ulei recondiționat după diferite procedee, mai poate fi încă folosit și ce clasă limită de utilizare are. Figura 2 ilustrează un astfel de experiment. Funcționarea standului într-o treaptă de încărcare durează 15 minute, iar o măsurare de pierdere masică, după fiecare treaptă, conform metodologiei cu izotopi radioactivi, durează maximum 5 minute. Rezultă că cele 12 trepte de încărcare și obținerea curbelor conform figurii 1 se pot obține în maximum 7 — 8 ore. Se obține o mare disponibilitate în utilizarea standului de încercări, față de metoda gravimetrică, care presupune demontarea angrenajului după fiecare treaptă de încărcare și apoi cîntărirea roții și a pinionului.

La încercarea uleiurilor aditive, produșii reacțiilor chimice pot influența determinările de pierdere masică prin metoda gravimetrică, pe cînd metoda radiometrică nu este influențată.

Pe plan mondial, tendința de testare a unor proprietăți funcționale ale uleiurilor minerale s-a materializat, în ultimii ani, prin introducerea unor norme cu caracter de standarde.

Considerăm că preocuparea pentru determinarea rezistenței la presiuni ridicate a uleiurilor trebuie să stea în atenția atît a producătorilor de uleiuri minerale destinate ungerii transmisiilor mecanice, cît și a producătorilor și utilizatorilor de transmisii, în vederea determinărilor pe bază experimentală a optimizării consumului de lubrifianți.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Jetley, S.:* Measurement of flank wear on cycloton — activated tools. Wear 76 (1982), 153.

[2] *Kjer, T.:* Wear rate and concentrations of wear particles in lubricating oil. Wear, 67 (1981), 217.

[3] *Asher, J., Conlon, T.W.:* Thin layer activation for measurement of wear and abrasion. Proceedings of the International Conference, NPL Teddington, England, apr., 1981.

[4] *Ivanov, E.A., Nicuți, A., Racolța, P.M., Muntean, C., Popescu, I., Tudor, A.:* Aplicarea metodei activării în strat subțire, la studiul pierderilor de masă ale roților dințate. TRIBOTEHNICA '82, Ploiești, oct. 1982.

[5] *Nicuți, A., Racolța, P.M.:* Aplicarea tehnicii de radioactivare în dublu strat la studiul fenomenului de pitting. Sesiunea de comunicări „Progrese în fizică", Galați, 1986.

CZ : 621.833

Aspecte statistice ale microgeometriei flancurilor angrenajelor

Dr. ing. Andrei **TUDOR** — Institutul Politehnic București

Ing. Gheorghe **PRODAN**, ing. Ștefan **CREȚOIU** — I.C.T.C.M. București

Pentru procesele de frecare și uzare ale angrenajelor, rugozitatea flancurilor reprezintă o mărime importantă, de ale cărei valori depind regimul de ungere și eventual, intensitatea de de uzare. Înregistrările rugozității flancurilor pe profilograme dovedesc că toate caracteristicile (înălțime, înclinare, pas, curbură) au o variație aleatoare. Pe baza acestor observații experimentale, lucrarea de față își propune să analizeze, teoretic, rugozitatea ca vector aleator multidimensional.

Fie z (x, y), profilul rugozității în sistemul cartezian de coordonate, prezentat schematic în figura 1.

Se definesc, față de z, următoarele variabile aleatoare :

(1)

$$v_1 = z(x, y); \quad v_2 = \partial z/\partial x; \quad v_3 = \partial z/\partial y;$$

$$v_4 = \partial^2 z/\partial x^2; \quad v_5 = \partial^2 z/\partial x \partial y; \quad v_6 = \partial^2 z/\partial y^2$$

unde :

v_1 este înălțimea rugozității ;
v_3, v_2 — panta rugozității după direcția y, x ;
v_4, v_5, v_6 — curburile rugozității.

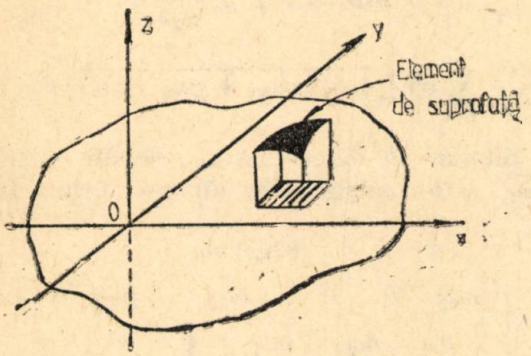


Fig. 1

În aceste condiții, rugozitatea este considerată ca un vector aleator cu 6 componente (v_1, $v_2, \ldots v_6$) și este caracterizată prin funcția de repartiție F și densitatea de repartiție f. Proprietățile funcției de repartiție a vectorului aleator rugozitate sînt :

— funcția de repartiție este nenegativă și nu poate fi mai mare decît unitatea,

$$0 \leqslant F(v_1, v_2, \ldots v_6) \leqslant 1 ;$$

— în cazul în care cel puțin una din variabilele $v_1, v_2, \ldots v_6$ ia valoarea infinit, atunci $F(v_1, v_2, \ldots, v_6) = 1$, iar dacă una din variabile ia valoarea $-\infty$, $F = 0$;

— în raport cu fiecare argument, funcția de repartiție este o funcție nedescrescătoare;

— funcția și densitatea de repartiție a rugozității sînt legate prin relația :

$$F(v_1, v_2, \ldots, v_6) = \int_{-\infty}^{v_1} \ldots \int_{-\infty}^{v_6} \cdot$$

$$\cdot f(v_1, v_2, \ldots, v_6)\, dv_1\, dv_2 \ldots dv_6 ; \qquad (2)$$

— dacă funcția de repartiție $F(v_1, v_2, \ldots, v_6)$ este de șase ori diferențiabilă, atunci densitatea de repartiție va fi

(3)

$$f(v_1, v_2, \ldots, v_6) = \frac{\partial^6 F(v_1, v_2, \ldots, v_6)}{\partial v_1 \partial v_2 \ldots \partial v_6} \geqslant 0$$

Vectorul aleator-rugozitate satisface condițiile teoremei limită centrale din teoria statistico-matematică (număr mare de variabile independente, fiecare în parte cauzată de mulți factori aleatori), fapt pentru care densitatea de repartiție are forma multinormală Gauss [1, 2] :

(4)

$$f(v_1, v_2, \ldots, v_6) =$$

$$= (2\pi)^{-3} \Delta^{-1/2} \exp\left(-\frac{1}{2} M_{ij} v_i v_j\right),$$

în care M_{ij} este inversa matricei N_{ij}, iar $\Delta = Det\,(N_{ij})$.

Matricea N_{ij} are forma

$$N_{ij} = \begin{pmatrix} \overline{v_1^2} & \overline{v_1 v_2} & \ldots & \overline{v_1 v_6} \\ \overline{v_2 v_1} & \overline{v_2^2} & \ldots & \overline{v_2 v_6} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \overline{v_6 v_1} & \overline{v_6 v_2} & \ldots & \overline{v_6^2} \end{pmatrix} \qquad (5)$$

Fiecare element $\overline{v_i v_j}$ al acestei matrice reprezintă media apariției variabilelor v_i și v_j, pentru toate variabilele aleatoare independente ε_i de care acestea depind,

$$v_i v_j = \int \ldots \iint v_i(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_k)\, v_j \cdot$$

$$\cdot (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_k)\, p(\varepsilon_1) \ldots p(\varepsilon_k)\, d\varepsilon_1 \ldots d\varepsilon_k, \qquad (6)$$

în care $p(\varepsilon_1)$, $p(\varepsilon_2), \ldots$, $p(\varepsilon_k)$ sînt probabilitățile de apariție a variabilelor $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_k$.

Pentru calculul coeficienților matriceali (5), se acceptă că profilul $z(x, y)$ poate fi aproximat de o sumă de termeni :

$$z(x, y) = \sum_{i=1}^{n} c_i \cos(x\omega_{xi} + y\omega_{yi} + \varepsilon_i) \qquad (7)$$

Parametrii ce intervin în această aproximare (coeficienții c_i, componentele vectoriale ale rugozității ω_{xi}, ω_{yi} și faza aleatoare ε_i) se apreciază cu ajutorul funcției de autocorelație $R(x, y)$ și al funcției densității spectrale $S(x, y)$. În ipoteza unei suprafețe omogene a flancurilor, $R(x, y)$ și $S(x, y)$ au expresiile [3]:

$$R(x, y) = \lim_{\substack{l_1 \to \infty \\ l_2 \to \infty}} \frac{1}{4 l_1 l_2} \int_{-l_1}^{l_1} \int_{-l_2}^{l_2} \cdot$$

$$\cdot z(x', y')\, z(x' + x, y' + y)\, dx'\, dy' ; \qquad (8)$$

$$S(\omega_x, \omega_y) = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\infty}^{\infty} \iint R(x, y) \exp \cdot$$

$$\cdot [-i(\omega_x x + \omega_y y)]\, dx\, dy, \qquad (9)$$

ω_x, ω_y fiind componentele vectorului ce ia în considerare periodicitatea rugozității, numai vectorul undă (fig. 2). Toți vectorii de undă ai profilului rugozității care au valoarea ω_0 sînt caracterizați de punctul A din figura 2, iar

aceia care sînt pe dreapta *DAC* (orice punct B) au aceeași proiecție pe *OA*. Lungimea de undă λ a rugozității va fi

$$\lambda = 2\pi/|\omega|, \tag{10}$$

iar direcția ei este apreciată prin unghiul θ,

$$\theta = \operatorname{arc\,tg}(\omega_y/\omega_x) = \operatorname{tg}^{-1}(x/y) \tag{11}$$

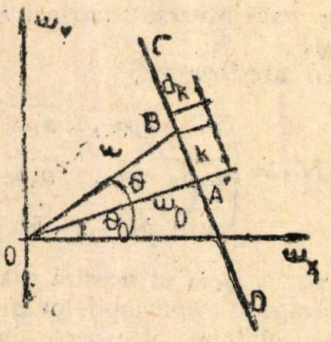


Fig. 2

Dacă profilul rugozității este intersectat cu un plan $\theta = \theta_0$ (fig. 2), atunci înălțimea z depinde numai de distanța $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$ de la origine la profil. În această situație, funcția de autocorelație și funcția densității spectrale sînt definite prin :

$$R_{\theta_0}(r) = \lim_{l\to\infty} \frac{1}{2l} \int_{-l}^{l} z(r_1)\, z(r_1 + r)\, dr_1, \tag{12}$$

$$S_{\theta_0}(\omega_\theta) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} R_{\theta_0}(r) \exp(-i\omega_0 r)\, dr =$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega_x, \omega_y)\, dk, \tag{13}$$

unde $k = \left(\omega^2 - \omega_0^2\right)^{1/2} = \left(\omega_x^2 + \omega_y^2 - \omega_0^2\right)^{1/2}$

Momentele spectrale m_{pq} și $m_{n\theta_0}$ ale distribuției rugozității sînt :

$$m_{pq} = \iint_{-\infty}^{\infty} S(\omega_x, \omega_y)\, \omega_x^p \omega_y^q\, d\omega_x d\omega_y, \tag{14}$$

$$m_{n\theta_0} = \int_{-\infty}^{\infty} S_{\theta_0}(\omega_\theta) \omega_0^n d\omega_0 \tag{15}$$

Legătura dintre m_{pq} și $m_{n\theta_0}$ se obține din (13), (14) și (15), obținîndu-se

$$m_{n\theta_0} = m_{n,\,\theta} \cos^n\theta_0 + m_{n-1},\ C_n^1 \cos^{n-1}\theta_0 \sin\theta_0 + \\ + \cdots + m_{n-k,\,k}\, C_n^k \cos^{n-k}\theta_0 \sin^k\theta_0 + \\ + \cdots + m_{0,n} \sin^n\theta_0 \tag{16}$$

Pentru suprafețele izotrope, rugozitatea nu depinde de direcția θ.

Ținînd seama de (7) și (14), se deduc elementele matricei (5). De exemplu :

$$\overline{v_1^2} = \overline{z}(x, y) = \sum_{i=1}^{n} c_i^2 \overline{\cos^2(x\omega_{xi} + y\omega_{yi} + \varepsilon_i)} =$$

$$= \sum_{i=1}^{n} c_i/2 = m_{00};$$

$$\overline{v_1 v_4} = \overline{z(x, y)} \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} =$$

$$= -\sum_{i=1}^{n} c_i^2 \omega_{xi}^2 \overline{\cos^2(x\omega_{xi} + y\omega_{yi} + \varepsilon_i)} = -m_{20}$$

Similar se determină și celelalte elemente $\overline{v_i v_j}$, astfel că matricea (5) are forma finală

$$(N_{ij}) = \tag{17}$$

$$= \begin{pmatrix} m_{00} & 0 & 0 & -m_{20} & -m_{11} & -m_{02} \\ 0 & m_{20} & m_{11} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_{11} & m_{02} & 0 & 0 & 0 \\ -m_{20} & 0 & 0 & m_{40} & m_{31} & m_{22} \\ -m_{11} & 0 & 0 & m_{31} & m_{22} & m_{13} \\ -m_{02} & 0 & 0 & m_{22} & m_{13} & m_{04} \end{pmatrix}$$

Cu aceste precizări, densitatea de repartiție (4) devine :

$$f(v_1, v_2, \ldots, v_6 =$$

$$= (2\pi)^{-3} \Delta^{-1/2} \exp\left(-\frac{1}{2} \underline{\underline{\underline{\underline{}}}}\right), \tag{18}$$

în care : $\Delta = (4/27)(m_2 m_4)^2\ (m_0 2m_4 - 3m_2^2)$,

$$\underline{\underline{\underline{\underline{}}}} = \frac{2m_4}{\Delta_1} v_1^2 + \frac{9\Delta_2}{4m_4\Delta_1}\left(v_4^2 + v_6^2\right) + \frac{3}{m_4} v_5^2 + \\ + \frac{3m_2}{\Delta_1} v_1(v_4 + v_6) - \frac{3\Delta_3}{2m_4\Delta_1} v_4 v_6 + \\ + \frac{1}{m_2}\left(v_2^2 + v_3^2\right),$$

cu $\Delta_1 = 2m_0 m_4 - 3m_2^2$; $\Delta_2 = m_0 m_4^2 - m_2^2$

și $\Delta_3 = m_0 m_4 - 3m_2^2$

Punînd condițiile de maximum ($v_2 = v_3 = 0$, $v_4 < 0$, $v_6 \leqslant 0$, $v_4 v_6 - v_5^2 \geqslant 0$), din (18) se deduce densitatea de repartiție a extremelor, reprezentată grafic în figura 3, în funcție de parametrul $\alpha = m_0 m_4/m_2^2$, pentru diferite poziții ale planelor de intersecție a înălțimii rugozității $\xi = v_1/m_0^{1/2}$.

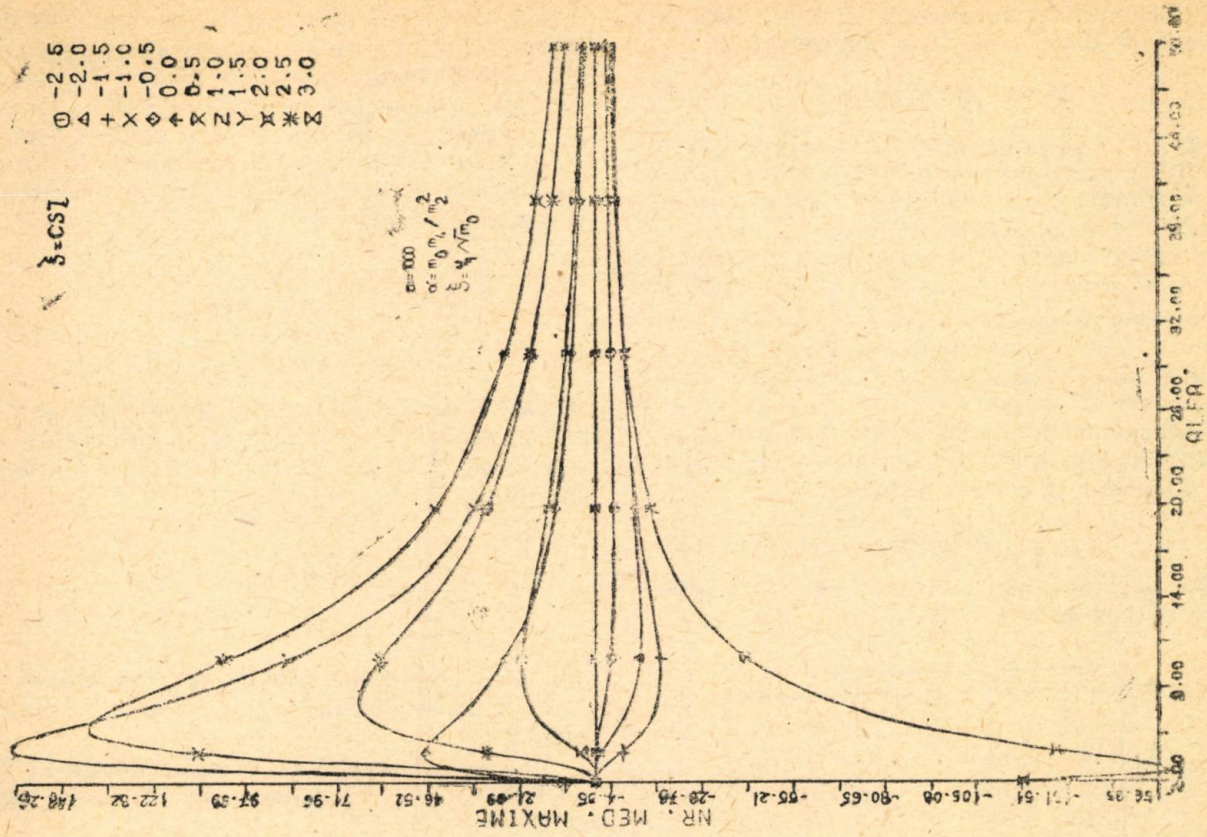


Fig. 4

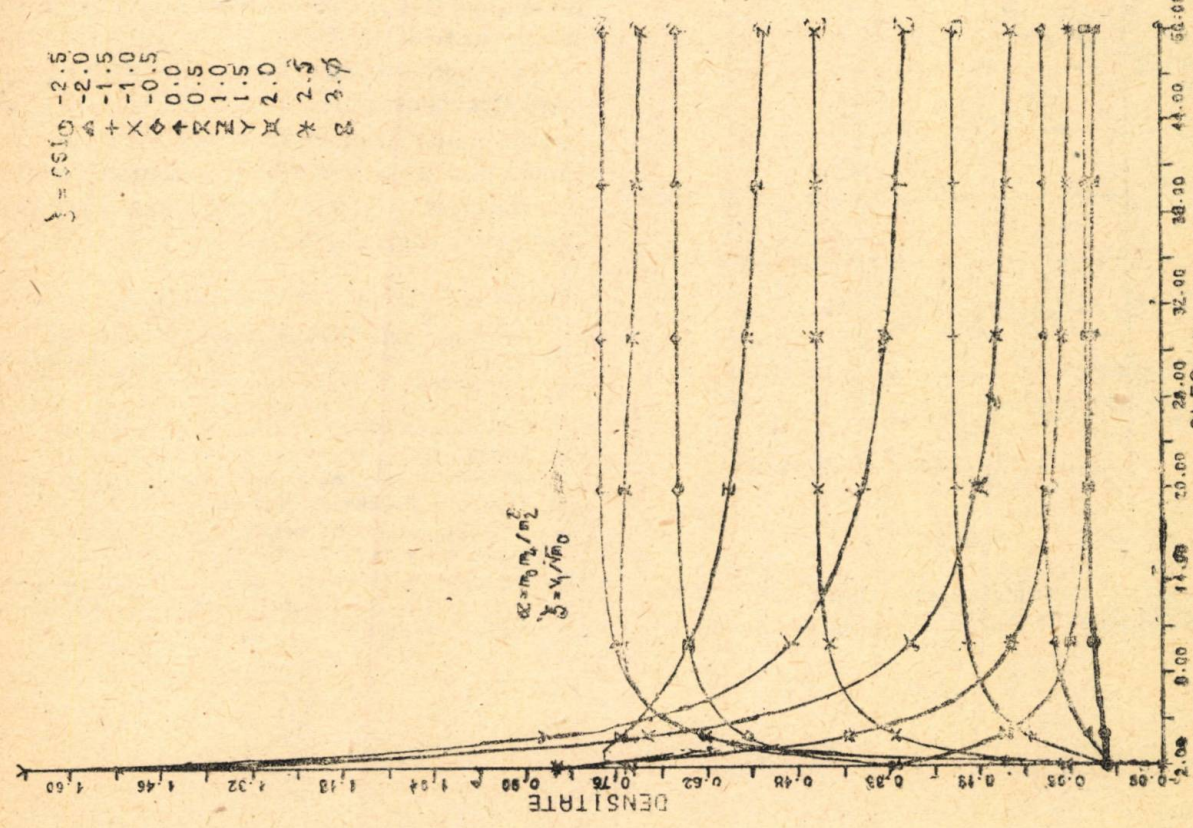


Fig. 3

Coeficientul de anizotropie al rugozității se definește pe baza relației lui Barkovski [1, 4] :

$$a = n_2^2(0)/n_1^2(0), \qquad (19)$$

în care n_1 (0) și n_2 (0) reprezintă numărul intersecțiilor profilului rugozității cu linia medie, pe unitatea de lungime, corespunzător celor două direcții perpendiculare.

Numărul mediu al maximelor rugozității anizotrope, ce se găsesc la nivelul $\xi = v_1/m_0^{1/2}$ este dependent de coeficientul de anizotropie; în figura 4 se exemplifică dependența acestui număr mediu de parametrul α, la diferite înălțimi relative ξ, pentru $a = 1000$.

Numărul total al maximelor rugozității pe unitatea de lungime a profilului, numit densitatea punctelor de extrem, este :

$$D_{e\,max} = a^{1/2} m_4 (6\pi \sqrt{3} m_2) \qquad (20)$$

Această densitate are valoarea maximă pentru suprafețele izotrope ($a = 1$).

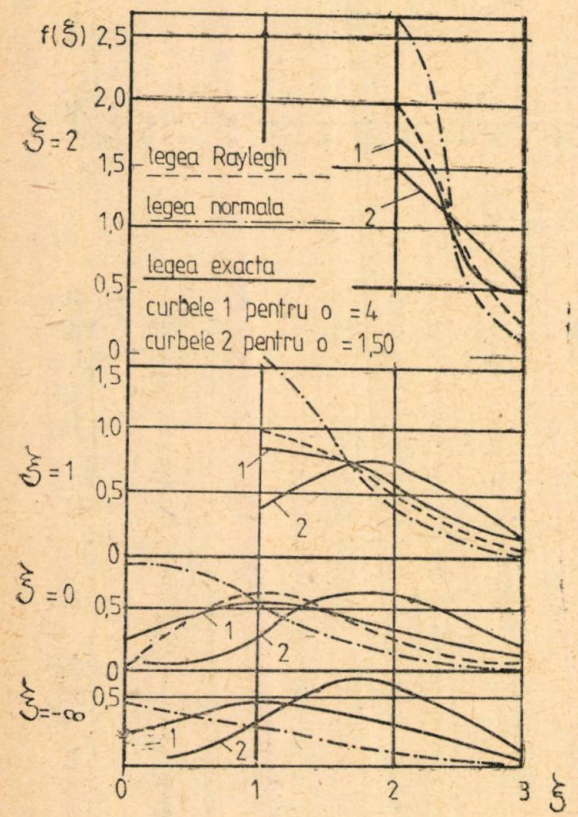


Fig. 5

Luînd în considerare densitățile de repartiție ale înălțimii rugozității (18), se fac unele aprecieri privind diferența dintre legile de distribuție caracterizate de aceste densități și legile de distribuție clasice (Gauss, Rayleigh), care sînt considerate, uneori, ca fiind adecvate și înălțimii rugozității. Pentru a face comparație între aceste legi, se determină înălțimea medie M a maximelor rugozității ce depășesc o anumită valoare ξ:

$$M(\xi) = k \int_{\xi}^{\infty} f(\xi)\, \xi\, d\xi, \qquad (21)$$

în care k este un parametru de normare și care se determină din condiția ca în intervalul (ξ, ∞) să se găsească în mod cert asperitățile cu înălțimea ξ :

$$k \int_{\xi}^{\infty} f(\xi)\, d\xi = 1$$

Pe baza acestui parametru, se prezintă în figura 5 densitatea de repartiție a înălțimii rugozității.

Pentru flancurile rectificate, înălțimea rugozității are o distribuție apropiată de legea Rayleigh,

$$f(\xi) = \xi/(2\pi m_0) \exp(-\xi^2/2m_0),$$

astfel că se propune, ca în calculul ariei reale de contact a flancurilor evolventice, să se considere distribuția Rayleigh ca fiind adecvată. Această aproximare a legii exacte (18) cu legea Rayleigh, pentru înălțimea rugozității, permite determinarea ariei reale cu un efort de calcul redus, însă fără îndepărtarea semnificativă de situația reală, complexă, a microgeometriei flancurilor angrenajelor.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Krisberg, I.R., Rudzit, I.A.* : Analiticeskie issledovania i veroiatnosti haracteristic vîstupov nereguliarnoi șerovatosti poverhnostei. Metrologhiceskie i tehnologiceskie issled. kacestva poverhnosti, Riga, „Zinatne", 1976.

[2] *Nayak, P.R.* : Random proces model of rough surfaces. Journ. of Lubric. Techn. Trans. ASME, Volume 93, Series F, July 1971.

[3] *Mc Cool, J.I.* : Characterisation of surface anisotropy. Wear 49 (1979) 19—23.

[4] *Tudor, A.* : Contactul real al suprafețelor de frecare. București, Editura Academiei R.S.R. (în curs de publicare).

CZ : 621.833 : 534

Cercetări experimentale privind influența factorilor tribologici asupra nivelului de zgomot emis de angrenajele cilindrice

Ș.l. dr. ing. George **DOBRE**, prof. dr. ing. Gheorghe **RĂDULESCU** — Institutul Politehnic București
Fiz. Constantin **BĂRBULESCU** — Întreprinderea NEPTUN Cîmpina

Introducere

Așa cum se arată în [1, 5], factorii tribologici de influență a comportării vibroacustice a transmisiei cu roți dințate detremină, la nivelul angrenajului și regimul de frecare-ungere. În funcție de grosimea și procentul filmului, se emit cu ponderi diferite zgomotul de frecare și zgomotul de rugozitate. În acest context, rezultă că de un real interes este evidențierea influenței tipului regimului de frecare-ungere — stabilit în [1, 4] pentru angrenajele de încercare — asupra zgomotului emis de angrenaje. În afara acestor aspecte, în lucrare se analizează și influența simultană a flancării, ca abatere geometrică și controlată de ordinul 1 a flancurilor.

Baza experimentală. Metoda de lucru

S-a proiectat standul de încercare redat în figura 1, care a fost montat pe platforma de încercare a Intreprinderii „Neptun" din Cîmpina. Acționarea s-a realizat cu un motor electric asincron trifazat cu puterea nominală de 37 kW și turația de mers în gol de 1500 rot/min. Așa cum se observă, s-a utilizat în lanțul de transmitere un al doilea reductor, pentru siguranța folosirii unei frîne cu pulbere magnetică M4 PB25 de tip Vibro-Meter [1]).

Reductorul de încercare este 1-HA-200 (de uz general, din ultima generație fabricată de Intreprinderea „Neptun" din Cîmpina). *Roțile de încercare* sînt redate în figura 2; ele au fost executate din 18 Mn Cr 10 STAS 791—80, cementate (pe 0,8 ... 1,0 mm la piesa finită), tratate termic (călire dublă și revenire joasă pînă la durități de 55 ... 60 HRC). Au fost realizate angrenaje fără și cu flancare scurtă și lungă, rectificate pe o mașină unealtă de tip NILES ZSTZ 315 C, prevăzută cu dispozitiv de diamantare a pietrei (pentru profilarea cu flancare). Calculul optimal al mărimilor flancării (tab. 1) s-a realizat cu metodele definite în [1], implementate în programe de calcul. Diagramele de profil ale roților flancate sînt redate în figura 3; se constată că mărimile flancării au fost realizate acceptabil.

Lanțul de aparate de tip Brüel & Kjaer este reprezentat în figura 4. Microfonul a fost prevăzut cu un paravan și a fost plasat în cîmp foarte apropiat de carcasa reductorului de încercare, deoarece interesează numai analiza comparativă a zgomotului emis de diferite angrenaje, iar pe de altă parte — pentru a se elimina pe cît posibil influențele celorlalte agregate. Folosirea analizorului heterodină servește analizei după diferite programe bandă și cîmp. Înregistrarea pe bandă magnetică a permis obținerea probelor martor.

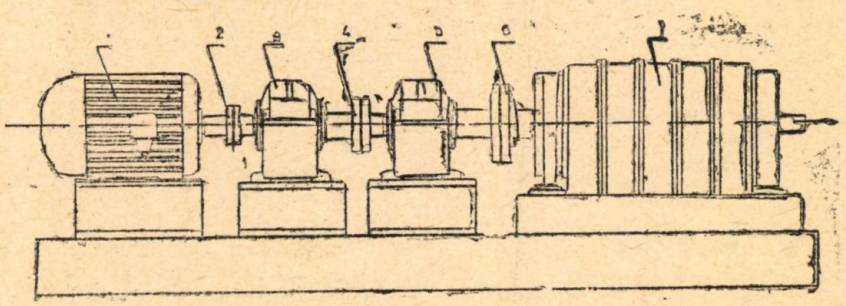


Fig. 1 Standul de încercare.
1 — motor electric; 3 — reductor de încercare (i=1,6); 5 — reductor (i=4); 7 — frînă; 2, 4, 6 — cuplaje cu flanșe.

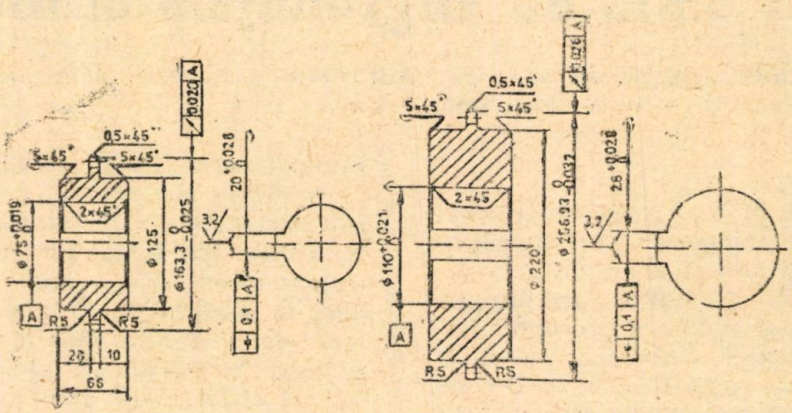
Parametrii de lucru. Ținînd seama că momentul de torsiune nominal al motorului este de 235 Nm, s-au realizat prin frînare încercările la pinion M_{t1} = 150 ; 175 ; 200 Nm[2]). Pen-

[1] Utilizarea unui al doilea reductor este permisă în condițiile analizei relative a caracteristicilor acustice, prin măsurarea în cîmpul foarte apropiat al reductorului de încercare.

[2] Controlul încercării s-a făcut cu o punte wattmetrică și cu un turometru.

tru aceste încărcări, s-a determinat prin calcul [1, 4] intervalul de temperaturi de 30 ... 60°C, în care rezultă o gamă largă de regimuri de frecare-ungere, însoțită de creșterea numă-

Metoda de lucru s-a conceput pornind de la cerința desfășurării experimentelor în timp scurt, în care s-a menținut un zgomot redus și relativ constant în exteriorul halei. La fiecare



		Pinion	Roată
Numărul de dinți	z	30	49
Modulul	m	5	5
Profilul de referință	$\alpha - h_0 - c$	20° - 1 - 0,25	
Coeficientul deplas. de profil	x	+0,33	+0,193
Diametrul de divizare	d	150,82	245
Treapta de precizie și jocul	-	8-C	8-C
Lungimea peste N dinți / numărul N de dinți	W_N / N	$54,892\ ^{-0,070}_{-0,125} / 4$	$85,275\ ^{-0,070}_{-0,125} / 6$
Distanța între axe	a_w	200 ± 0,150	

Fig. 2 Forma și elementele geometrice ale roților de încercare.

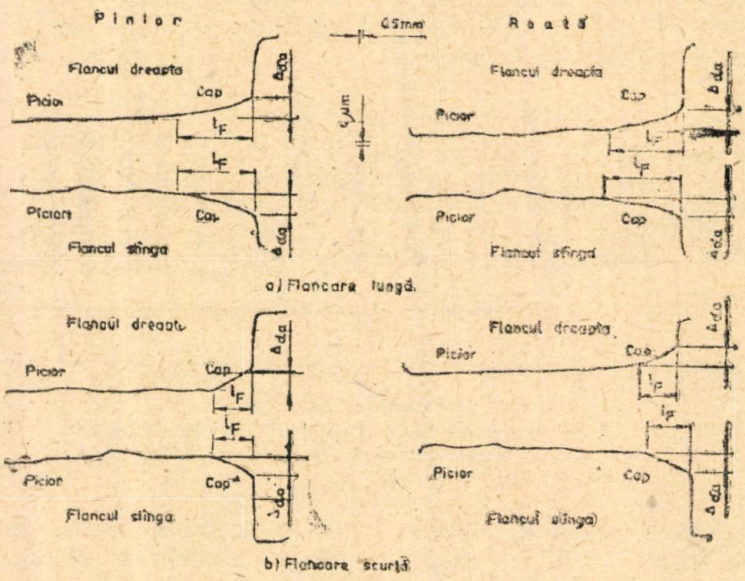


Fig. 3 Diagrame ale profilurilor roților dințate.

rului de contacte metalice la ridicarea temperaturii. Măsurările s-au efectuat și la mersul în gol și — pe de altă parte — la temperatura mediului ambiant.

tip de angrenaj, s-a conceput măsurarea de la temperatura mediului ambiant, realizîndu-se succesiv mersul în gol și cele trei încărcări ; s-a reluat în continuare grupul de încărcări

pînă la atingerea unei temperaturi de cel puțin 60°C (în acest mod au rezultat patru temperaturi de măsurare).

Mărimile de control ale profilului

Tabelul 1

Flancare	Roata	Mărimea	
		$\Delta_{\alpha a}$, [μm]	l_F, [mm]
Scurtă	Pinion	16,3	4,493
	Pinion	16,1	4,493
Lungă	Roată	16,0	8,969
	Roată	15,8	8,969

a_w =200 mm; m=5 mm; ß=0°; z_1=30 dinți; z_2=40 dinți; x_1=0,33; x_2=0,193; b_w =10 mm; flancarea calculată cu M_{t1}=175 Nm.

Rezultatele măsurărilor. Discuție

Spectrogramele înregistrate (fig. 5) prezintă :

c) zone de tonuri ceva mai dese, „de rugozitate", care indică prezența contactelor metalice.

Frecvențele multiple și submultiple specifice vibrațiilor parametrice pot deveni periculoase în măsura în care dau rezonanțe cu una din frecvențele proprii ale strucurii. Spectrele de frecvențe la temperaturi mai ridicate atestă o îndesire a tonurilor de rugozitate, ceea ce semnifică creșterea numărului contactelor metalice ; se confirmă, astfel concluziile teoretice privind existența regimului de frecare-ungere limită-mixt la asemenea temperaturi.

Valorile mediate (pentru un punct de temperatură) ale nivelului global de zgomot ; (în figura 6 sînt redate cele pentru angrenajele neflancate și cu flancare lungă; pentru angrenajele cu flancare scurtă, v. [1]) arată că la aceeași încărcare nu se modifică, practic, nivelul de zgomot în funcție de temperatură [1]), în gama de temperaturi în care regimul de frecare-ungere trece de la cel EHD către cel limită-

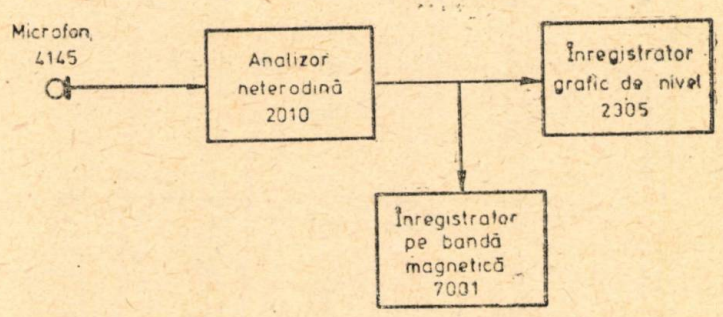


Fig. 4 Lanțul de aparate.

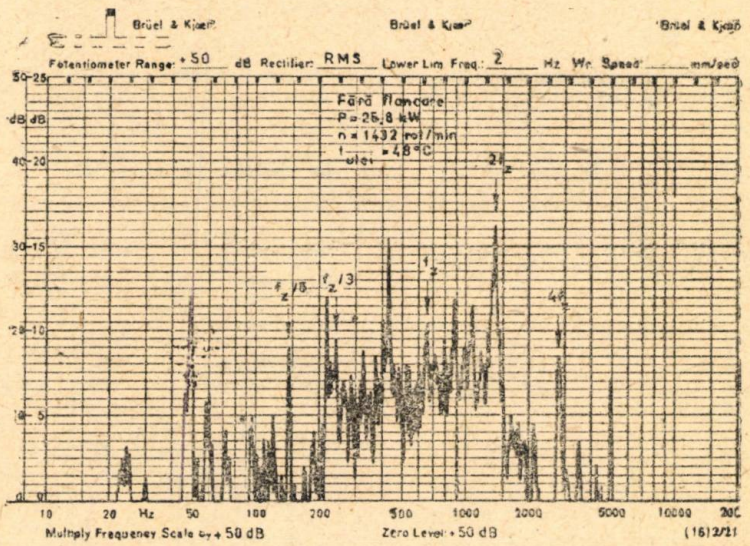


Fig. 5 Spectru de frecvențe.

a) tonuri cu frecvența angrenării f_z, multiplii și submultiplii acesteia (specifice vibrațiilor parametrice) ;

b) tonuri cu frecvențele proprii ale structurii ;

mixt ; ca urmare, zgomotul de rugozitate are o influență redusă asupra nivelului blogal de zgomot în raport cu alte excitații.

[1] Modificările de nivel global nu se resimt deoarece sînt de ordinul de mărime al preciziei lanțului de aparate de măsurare a zgomotului.

Valorile mediate ale nivelului global de zgomot (pe întreaga gamă de temperaturi), în funcție de încărcare și felul angrenajului (fig. 7), arată că :

a) la aceeași încărcare, nivelul global de zgomot scade în ordinea : angrenaje neflancate, angrenaje cu flancare scurtă, angrenaje cu flancare lungă (confirmîndu-se, astfel, consta-

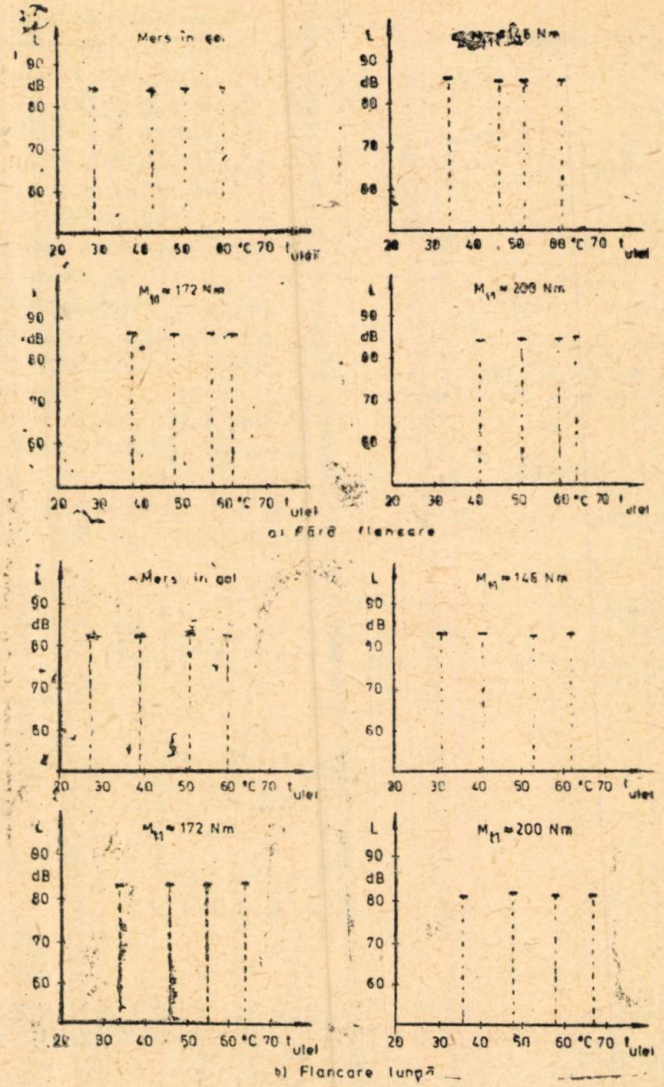


Fig. 6 Nivelul global mediu de zgomot pentru diferite încărcări și temperaturi.

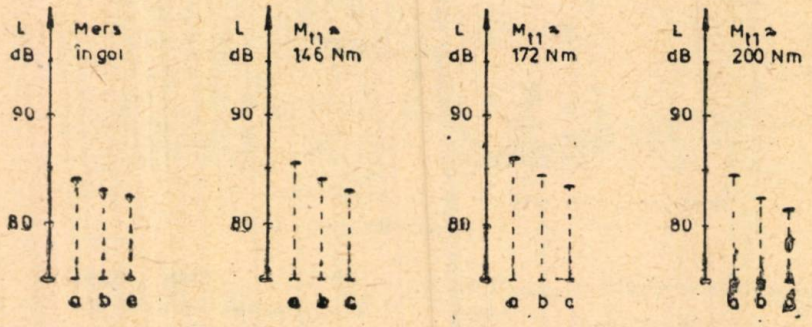


Fig. 7 Nivelul global mediu de zgomot (pentru t_{ulei} ≈30...60°C), în funcție de încărcare, la angrenajele neflancate (a), cu flancare scurtă (b) și lungă (c).

tarea teoretică [3, 1] că excitația parametrică este minimă la ultimele angrenaje);

b) la un același angrenaj, nivelul de zgomot cel mai mic apare la încărcarea $M_{t1} = 200$ Nm, chiar la angrenajul neflancat; cel puțin la angrenajul cu flancarea lungă, nivelul minim de zgomot trebuia să se manifeste la încărcarea de calcul a flancării $M_{t1} = 175$ Nm. Explicația constă în faptul că, pe de o parte, profilul s-a obținut cu o abatere negativă a razei cercului de bază, iar pe de altă parte — adîncimea flancării a rezultat mai mare decît cea de calcul; ca urmare, sarcina corespunzătoare nivelului global minim de zgomot este mai mare decît cea de calcul a flancării. Aceste rezultate confirmă concluziile teoretice [3, 1] că încărcarea optimă este egală cu sarcina de calcul a mărimilor flancării.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Dobre, G.:* Contribuții privind influența factorilor constructivi și tribologici asupra reducerii zgomotului angrenajelor cilindrice. Teză de doctorat. Institutul Politehnic din București, 1987.

[2] *Niemann, G., Winter, H.:* Maschinenelemente. Band II. 2 Auflage. Springer-Verlage, Berlin — Heidelberg — New York — Tokyo, 1985.

[3] *Rădulescu, G.:* Untersuchungen über den Einfluss der Profilrücknahme auf die Zahnverformung und das Geräusch geradverzahnter Stirnräder. Diss. TU Dresden, 1966.

[4] *Rădulescu, G., Dobre, G.:* Aspecte privind calculul regimului de frecare-ungere la angrenajele cilidrice. In: TRIBOTEHNICA '87.

[5] *Rădulescu, G., Dobre, G.:* Factori tribologici de influență a comportării vibroacustice a angrenajelor. În: TRIBOTEHNICA '87.

CZ : 621.833

Determinarea experimentală a pierderilor de putere dintr-un reductor armonic

Șef lucrări ing. Ioan-Dan **FILIPOIU** — Institutul Politehnic București

Introducere

Lucrarea își propune descrierea unei metodologii de determinare experimentală a pierderilor de putere parțiale din cuplele de frecare, specifice transmisiilor armonice, și influența diverșilor factori (turație sarcină, lubrifiant, regim de funcționare) asupra pierderilor de putere, respectiv a randamentului.

Pentru studiul comparativ al tuturor acestor pierderi, în scopul măririi capacității portante a ansamblului deformator — roată elastică — roată rigidă — a fost concepută și realizată în cadrul Catedrei de Organe de mașini din Institutul Politehnic București o instalație complexă, multifuncțională.

Descrierea instalației

Instalația, prezentată în figura 1, se compune din :

— standul de încercări menit să reproducă condițiile normale de exploatare ;

— traductor, dispozitive și aparatură de măsurare, necesare controlului și punerii în evidență a multitudinii de parametri funcționali ai unui reductor armonic.

Standul de încercări, cu circuit mecanic deschis, este realizat în construcție modulată fiind compus dintr-un sistem motor, reductorul armonic de încercat și sistemul de frînare.

Traductorii, dispozitivele și aparatura cu care este echipat standul permit măsurarea turației, a momentelor de torsiune pe arborii reductorului armonic, a temperaturii de funcționare, menținerea ei la o valoare constantă, precum și înregistrarea legii de variație a încărcării pe dinții aflați simultan în angrenare.

Puterea pierdută într-un reductor armonic

Pierderile de putere care au loc într-un reductor armonic se datorează frecărilor din angrenajul armonic, din rulmentul elastic și din lagăre, microalunecărilor dintre deformator și roata elastică, hiterezisului de deformare elastică și barbotării lubrifiantului de către deformator și roata elastică.

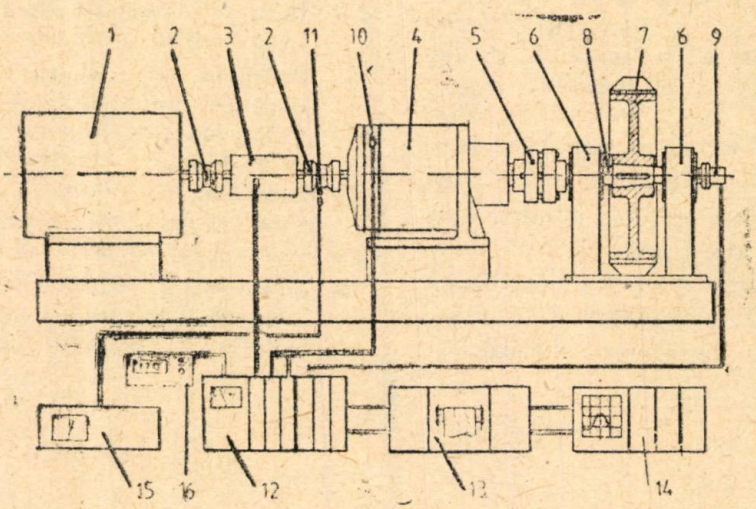
$$P_P = P_Z + P_D + P_{D\_E} + P_H + P_U + P_L \qquad (1)$$

Pentru punerea în evidență a pierderilor de putere parțiale și influența anumitor parametri funcționali asupra acestor pierderi, experimentările s-au efectuat la cinci valori ale turației arborelui de intrare : $n_D = 600$, 750, 1000, 1250 și 1500 rot/min și la trei valori ale temperaturii medii a băii de ulei $t = 30$, 55, 80°C. Menținerea temperaturii la valorile indicate s-a realizat prin termostatarea uleiului.

Pentru ungere s-au utilizat două sorturi de uleiuri : TIN 125 EP și TIN 55 EP STAS 10588-76, cărora li s-au stabilit în prealabil proprietățile fizice. Măsurările s-au efectuat după ce reductorul a fost rodat corespunzător.

fiind unși cu unsoare consistentă. Variația pierderii de putere și a momentului de torsiune la mersul în gol este prezentată în figura 2.

Din diferența pierderilor de putere la mersul în gol, cu și fără lubrifiant, la diverse



1. Motor electric
2. Cuplaj dințat
3. Traductor tensometric TT002
4. Reductor armonic RA 158
5. Cuplaj elastic cu bolțuri CEB 6N
6. Lagăre cu rulmenți oscilanți
7. Frînă Φ320
8. Mărci tensometrice
9. Colector Hottinger
10. Mărci tensometrice 3/120 LA 11
11. Traductor inductiv de impulsuri
12. Tensometru N-2302
13. Oscilograf SE 6150
14. Osciloscop TEKTRONIX 5403
15. Frecvențimetru (stroboscop N 2601)
16. Voltmetru digital

Fig. 1

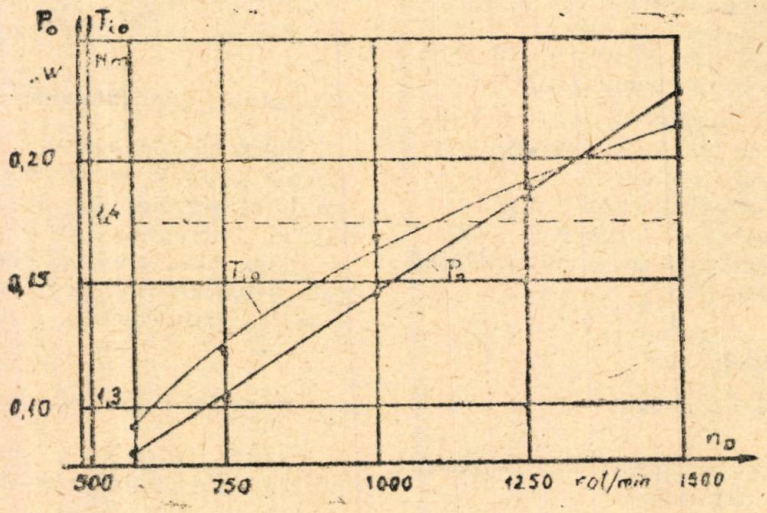


Fig. 2

Pierderea de putere la mersul în gol s-a pus în evidență prin măsurarea momentului de torsiune și a turației la intrare, în cazul funcționării de scurtă durată a reductorului armonic fără ulei, angrenajul armonic și rulmenții

turații ale arborelui de intrare și diverse temperaturi, a rezultat variația puterii pierdute prin barbotare, în funcție de turație și vîscozitatea lubrifiantului, așa cum se observă în figura 3. În urma prelucrării satistice a datelor

experimentale, se propune o relație pentru pierderea de putere datorată barbotării de forma :

$$P_u = 0{,}022 \cdot b \cdot v_t^{0,7} \cdot d_D^{1,7} \qquad (2)$$

Pierderile de putere din rulmentul elastic și din ansamblul deformator — roată elastică, sub acțiunea încărcării date de componentele radiale ale forțelor din angrenajul armonic,

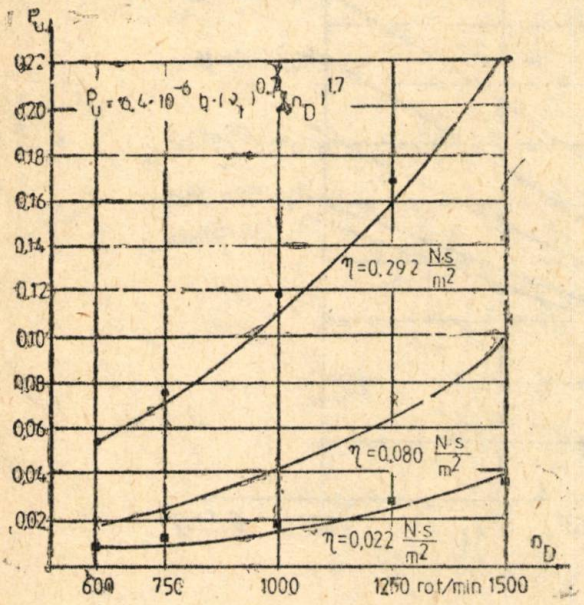


Fig. 3

a celor de deformare a inelului exterior al rulmentului elastic și a învelișului roții elastice, precum și cele datorate microalunecărilor dintre deformator și roata elastică au fost puse în evidență pe stand, prin montarea unui dispozitiv în locul roții rigide. Dispozitivul permite încărcarea radială a ansamblului deformator — roată elastică. Experimentările s-au făcut în condițiile blocării arborelui de ieșire al roții elastice.

Prin măsurarea momentului de torsiune și a turației la intrare, pentru diverse încărcări radiale, s-a putut calcula suma pierderilor datorate barbotării, histerezisului de deformare a elementelor elastice, microalunecărilor dintre roata elastică și deformator și pierderilor din rulmentul deformatorului.

$$P_t = P_U + P_H + P_{D-E} + P_D \qquad (3)$$

În figura 4 este prezentată variația acestor pierderi rezultate în urma măsurărilor, în condițiile modificării forței radiale de încărcare și a turației deformatorului.

Prin scăderea pierderilor de putere datorate histerezisului de deformare și microalunecărilor dintre deformator și roata elastică (stabilite pentru încărcare zero fig. 5), precum și a celor datorate barbotării, se obține pierderea de putere care apare în rulmentul elastic al deformatorului (fig. 6).

Programul experimental de determinarea a pierderilor totale de putere dintr-un reductor

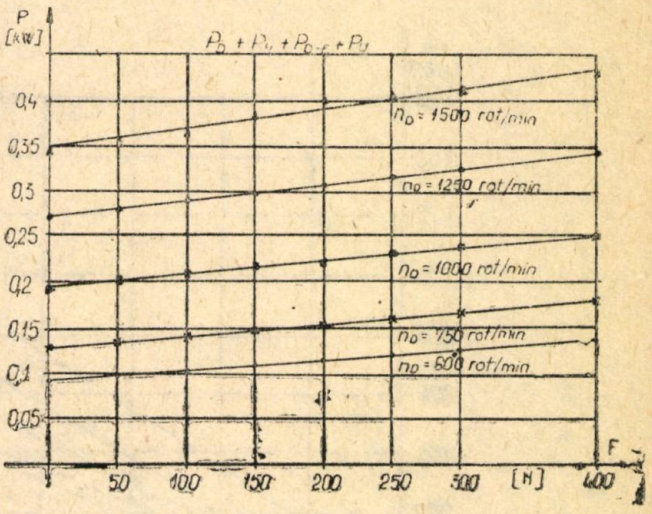


Fig. 4

armonic a urmărit punerea în evidență a influenței turației, încărcării reductorului și vîscozității lubrifiantului.

Puterea totală pierdută a rezultat ca diferență a puterilor calculate prin intermediul momentelor de torsiune și turațiilor măsurate pe arborele de intrare și ieșire al reductorului armonic. În urma prelucrării rezultatelor

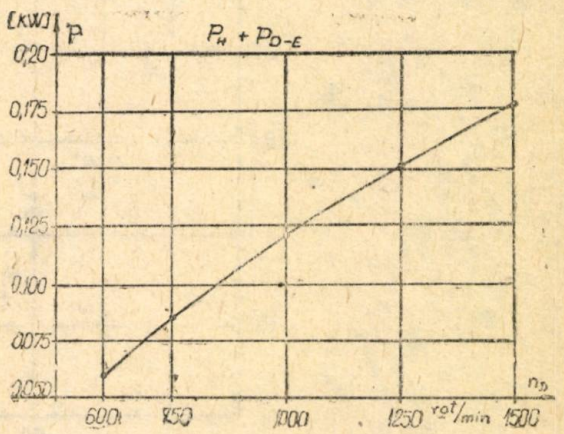


Fig. 5

exprimentale, se constată o creștere accentuată a pierderilor cu creșterea vîscozității lubrifiantului în special la încărcări mai mici de 50% din încărcarea nominală. Creșterea pierderii totale de putere cu creșterea turației este relativ mică. În figura 7, este dat un singur exemplu de variație a puterii pierdute specifice, în funcție de puterea pe arborele deformatorului și de vîscozitatea lubrifiantului.

Puterea pierdută în angrenajul armonic se obține ca diferență a puterii pierdute totale și a puterii pierdute în varianta cînd în locul roții rigide este montat dispozitivul de încărcare radială a deformatorului și roții elastice. Pentru calcul este necesar a fi cunoscută legea de încărcare a angrenajului armonic [1, 2].

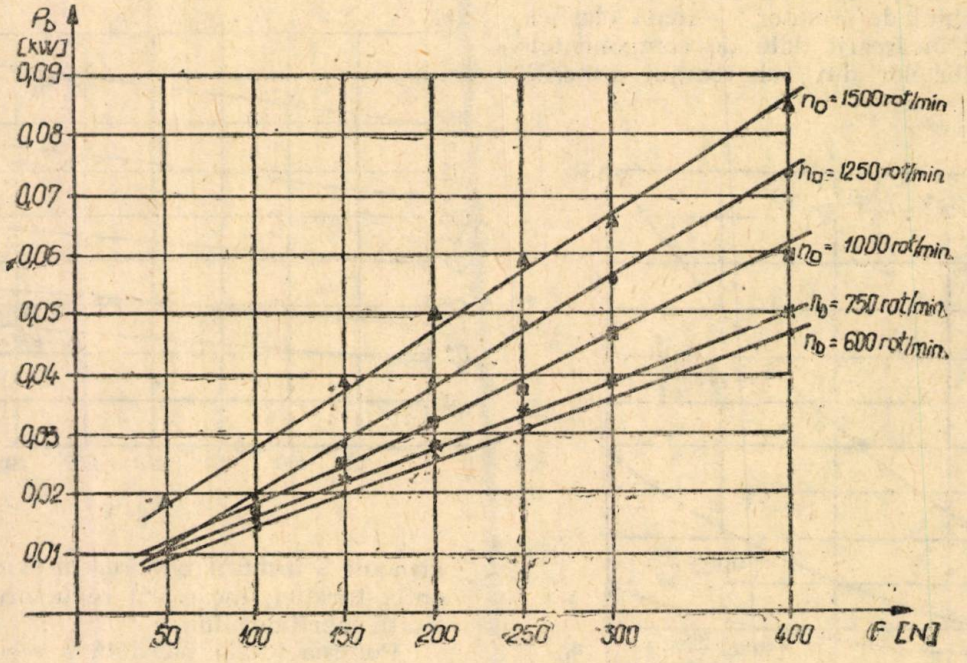


Fig. 6

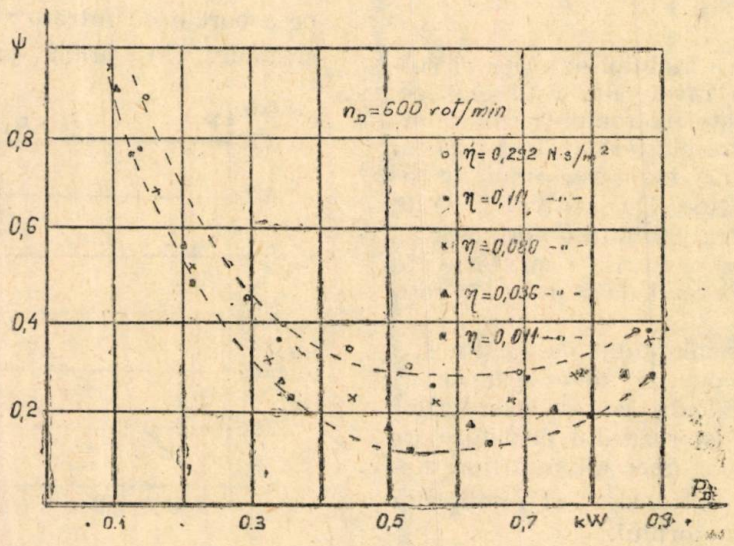


Fig. 7

Concluzii

1. Din analiza diagramelor din figura 3 se constată cît de mare este influența vîscozității lubrifiantului asupra puterii pierdute prin barbotare. La încercări sub 50% din momentul nominal de transmis, randamentul scade foarte mult tocmai datorită acestor pierderi. De aceea se recomandă ca pentru ungere să fie utilizate uleiuri de transmisie cu vîscozitate redusă TIN 55 EP și TIN 42 EP.

2. Pierderile de putere datorate deformărilor elementelor elastice și microalunecărilor dintre deformator și roata elastică depind nu numai de raportul de transmitere, care este corelat cu deformația maximă a roții elastice, ci și de turația arborelui deformatorului așa cum se observă în figura 5.

3. Pierderile de putere din deformator sînt proporționale cu încărcarea și cu creșterea turației și sînt cu 20...40% mai mari decît cele din rulmenții clasici.

4. Pierderile totale dintr-un reductor armonic sînt minime și reprezintă 10...25% din puterea de transmis la o încărcare apropiată celei nominale pentru care a fost proiectat reductorul.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Filipoiu, ID.:* Aspecte privind calculul pierderilor de putere din angrenajul armonic, în TRIBOTEHNICA '80, Hunedoara 1980, p. 457—461.

[2] *Filipoiu, I.D.*: Determinarea variației sarcinii pe lungimea arcului de angrenare la un reductor armonic, în TRIBOTEHNICA '84, Iași, 1984, p. 245—249.

CZ : 621.833

Determinarea randamentului unui angrenaj cilindric cu dinți drepți

Ș.l. dr. ing. Mircea **RAȘEEV**, prof. dr. ing. Gheorghe **RĂDULESCU** — Institutul Politehnic București

Introducere

Pentru aprecierea funcționării unui angrenaj, prezintă interes determinarea randamentului acestuia, deci a pierderilor de putere din angrenare, interes justificat atît din considerente de economie de energie, cît și de posibilitatea determinării (indirecte) a regimului de ungere dintre flancurile conjugate ale dinților în angrenare.

După cum se cunoaște [2, 3, 7], majoritatea angrenajelor industriale funcționează în regim de ungere fluidă (de obicei elastohidrodinamică) ; în acest caz pierderile de putere din angrenare sînt rezultatul frecărilor interne din filmul de lubrifiant, film format între flancurile conjugate.

Lucrarea de față își propune prezentarea unei metodologii de determinare experimentală a pierderilor specifice de putere și a randamentului unui angrenaj cilindric ce funcționează în regim de frecare fluid, elastohidrodinamic.

Instalație experimentală

Standul experimental. Instalația experimentală constă dintr-un stand de încercat roți dințate, stand cu circuit închis mecanic de putere cu distanța dintre axe $a = 125$ mm, [4, 5].

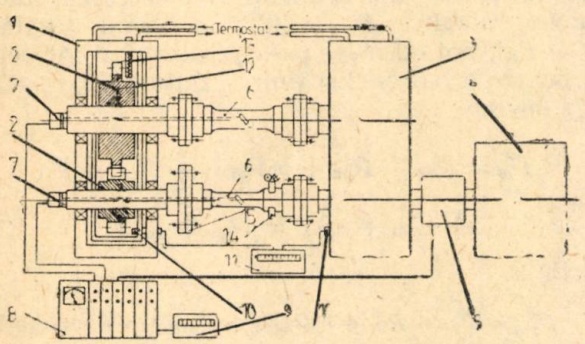


Fig. 1 Schema standului experimental.

Standul se compune din reductorul de încercare **1** reductorul de întoarcere **3** și motorul electric de c.c. **4**, ce permite varierea turației pinionului între 0 și 3000 rot/min (turația a fost măsurată cu ajutorul unui tahogenerator și cu ajutorul unui turometru mecanic cu o precizie de 1 %). Între motorul **4** și stand s-a intercalat o cuplă torsimetrică **5** care permite măsurarea puterii consumate de stand. De asemenea, pentru măsurarea puterii circulate, în stand s-au utilizat barele torsiometrice **6**, legate împreună cu cupla torsiometrică **5** la puntea tensiometrică **8**, și aparatul indicator **9** — un milivoltmetru digital ce asigură o precizie ridicată a citirii indicațiilor punții tensiometrice. Temperatura uleiului din cele două reductoare s-a măsurat cu termorezistențele **10** și aparatul indicator **11**, termorezistențe dublate de cîte un termometru cu mercur cu o precizie de 0,1°C. Această temperatură a fost reglată cu ajutorul serpentinelor de răcire-încălzire **12** legate la un termostat și cu ajutorul unor rezistențe electrice **13**, montate în baia de ulei, realizîndu-se menținerea temperaturii uleiului la o valoare constantă cu o abatere de maximum $\pm$ 0,5°C. Standul a fost testat, din punct de vedere al comportării dinamice, prin măsurarea și înregistrarea variației momentului de torsiune circulat, rezultînd că sarcina dinamică nu depășește 10 % (deci factorul dinamic interior K_v sub 1,1) [6].

Pentru a separa pierderea de putere din angrenajul experimental de celelalte pierderi de putere din stand (rulmenți, etanșări etc.) și pentru a determina pierderile de putere din rulmenți, s-a realizat o variantă de montaj a standului, în care în locul angrenajului experimental **2**, (fig. 1) s-a montat o pereche de rulmenți **2**, **4**, (fig. 2) identici cu cei utilizați pentru lăgăruirea celor doi arbori.

Pentru a simula încărcarea reală a rulmenților din stand, rulmenții centrali **2** și **4** sînt încărcați mecanic cu ajutorul dispozitivului din figura 2 cu cîte o forță F_n (analoagă forței F din angrenare), în rulmenții laterali **16** apărînd cîte o reacțiune $F_r = F_n/2$ ca și în cazul montajului cu angrenaj experimental.

În vederea măsurărilor, toate elementele traductoare ale standului : cupla torsiometrică **5**, barele torsiometrice **6** și termorezistențele **10** au fost etalonate [4], rezultatele etalonărilor

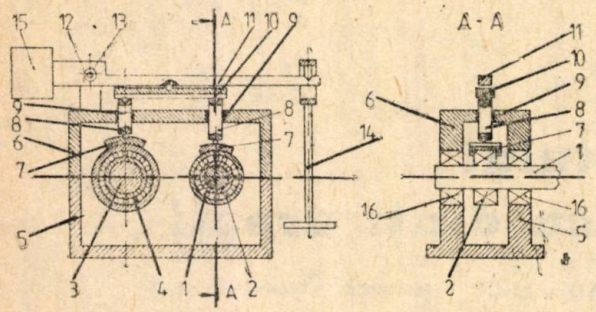


Fig. 2,Schema dispozitivului de încărcat rulmenții.

fiind prelucrate statistic, prin metoda celor mai mici pătrate, obținîndu-se coeficenți de corelare foarte buni ($R_{min} = 0{,}999$).

Roțile dințate experimentale. Încercările s-au efectuat utilizînd un angrenaj experimental cu dinți drepți avînd următoarele caracteristici [4] : Date geometrice : $z_1 = 14$; $z_2 = 21$; $m = 7$ mm ; $a = 125$ mm ; $b = 10$ mm ; $x_1 = +0{,}393$; $x_2 = -0{,}010$; $\alpha = 20°$.

Material : 41 Mo Cr 11 STAS 791—80, îmbunătățit la 300 HB.

Cele 15 angrenaje executate au fost sortate, alegîndu-se 7 angrenaje care s-au încadrat în treapta 6 de precizie (STAS 6273—81). După rodajul în în stand [5], s-au măsurat din nou abaterea de profil și rugozitatea flancurilor, alegîndu-se în final 6 angrenaje care s-au încadrat în treapta 5 — 6 de precizie cu o rugozitate $R_a = 1 \ldots 2\,\mu$m.

Lubrifiantul și caracteristicile sale. S-a utilizat un ulei aditivat [4] : TIN 125 EP STAS 10588—76 avînd următoarele caracteristici :

— vîscozitatea $\eta_0 = 0{,}1025$ Pas la $t_0 = 50°C$;

— exponentul de variație a vîscozității cu temperatura (după legea $\eta = \eta_0 e^{\beta(t-t_0)}$) $\beta = -0{,}04839°C^{-1}$, valoare determinată prin măsurarea vîscozității lubrifiantului, cu ajutorul unui vîscozimetru Höpler, la 6 temperaturi (40 ; 50 ; 60 ; 70 ; 80 și 90°C), rezultatele experimentale prelucrîndu-se statistic ($R = 0{,}994$).

Analiza pierderilor de putere din standul experimental

După cum se cunoaște, în cazul unui stand cu circuit de putere închis mecanic, de tipul celui utilizat, motorul electric de antrenare trebuie să acopere numai pierderile de putere din stand, ce se pot calcula dacă se cunoaște momentul de torsiune la arborele motorului (măsurat cu cupla torsiometrică **5**, fig. 1) și turația motorului electric.

În cazul general puterea totală consumată de stand are următoarele componente :

Puterea pierdută în angrenaj, P_{pa}, care este funcție de : forța normală din angrenare, F_n; geometria angrenajului ; vîscozitatea lubrifiantului, η și turația pinionului, n_1.

Puterea pierdută prin barbotare, P_{pb}, care este funcție de : adîncimea de imersare ; geometria angrenajului și vîscozitatea lubrifiantului.

Puterea pierdută în rulmenți, P_{pr}, care are două componente [2] :

$$P_{pr} = P_{pro} + P_{prf} = P_{pro} + a \cdot F$$

unde :

P_{pro} — puterea pierdută în gol;

P_{prF} — puterea pierdută în sarcină;

a — coeficientul de variație a puterii funcție de sarcină (depinde de tipodimensiunea rulmentului);

F — sarcina preluată de rulment.

Puterea pierdută în etanșări, P_{pe}, care este funcție de tipodimensiunea etanșării și turația arborilor.

Puterea pierdută în cazul montajului cu rulmenți. În cazul montajului cu rulmenți (fig. 2

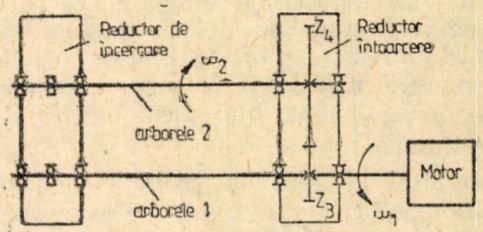


Fig. 3 Schema montajului cu rulmenți.

și fig. 3), admițînd că puterea pierdută în angrenajul de întoarcere este neglijabilă, puterea la arborele motorului electric este dată de :

$$P_m^r = P_{pb3-4} + P_{pe} + P_{pr} \qquad (2)$$

Ținînd cont de numărul de rulmenți (cîte 5 pe fiecare arbore), de modul lor de încărcare (pe un arbore doi rulmenți sînt descărcați, doi preiau sarcina $F = F_n/2$ iar unul sarcina $F = F_n$); notînd $P_{pb3-4} = P_{pb}$, adoptînd indicele 2 pentru arborele 2 și ținînd cont de (1), relația (2) devine :

$$P_m^r = P_{pb} + P_{pe} + 5(P_{pro1} + P_{pro2}) + 4(a_1 + a_2) F = P_{mo}^r + K_m^r F \qquad (3)$$

unde :

$P_{mo}^r = P_{pb} + P_{pe} + 5(P_{pro1} + P_{pro2})$ — puterea la mers în gol ;

$K_m^r = 4\,(a_1 + a_2)$ — panta dreptei de putere în cazul montajului cu rulmenți ;

$F = F_n/2$ — reacțiunea din rulmenții laterali și reductorul de încercare (fig. 2 și fig. 3).

Puterea pierdută în cazul montajului cu roți dințate. În cazul montajului cu roți dințate, în reductorul de încercare și în cel de întoarcere s-a montat cîte un angrenaj experimental (fig. 1 și fig. 4).

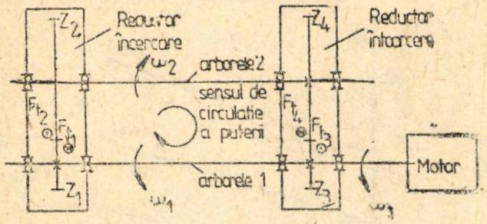


Fig. 4 Schema montajului cu roți dințate.

Admițînd că puterile pierdute în cele două angrenaje sînt egale, că ele sînt funcții liniare de forța normală din angrenare și că puterile pierdute prin barbotare sînt egale, rezultă (analog cu cazul montajului cu rulmenți) că puterea la arborele motorului electric, P_m^a, este dată de :

$$P_m^a = P_{pa\,1-2} + P_{pb\,1-2} + P_{pa\,3-4} + P_{pb\,3-4} + P_{pr} + P_{pe} = P_{mo}^a + K_m^a F = P_{mo}^a + 4(a_1 + a_2) F + 2P_{pa} \qquad (4)$$

unde :

P_{mo}^a — puterea la mers în gol;

K_m^a — panta dreptei de putere în cazul montajului cu roți dințate;

$F = F_n/2$ — reacțiunea din rulmenți.

Puterea specifică de putere din angrenaj. Cunoscînd puterea pierdută în cazul montajului cu rulmenți și puterea pierdută în cazul montajului cu roți dințate, se poate calcula pierderea de putere din angrenaj. Din (4) rezultă :

$$P_p^v = 1/2[P_m^a - P_{mo}^a - 4(a_1 + a_2) F] \qquad (5)$$

dar conform (3) :

$$4(a_1 + a_2) F = P_m^r - P_{mo}^r \qquad (6)$$

rezultînd :

$$P_{pa} = 1/2[(P_m^a - P_{mo}^a) - (P_m^r - P_{mo}^r)] \qquad (7)$$

sau, ținînd cont de (3) și (4) :

$$P_{pa} = 1/2[(K_m^a - K_m^r)F] = 1/4[(K_m^a - K_m^r) F_n] \qquad (8)$$

Pierderea specifică de putere din angrenaj, ψ_z, se definește ca raportul dintre pierderea de putere, P_{pa}, și puterea la arborele pinionului, $P_{al} = 1/2\ d_1\omega_1 F_n \cos\alpha_0$, rezultînd :

$$\psi_z = \frac{P_{pa}}{P_{al}} = \frac{K_m^a - K_m^r}{2d_1\omega_1 \cos\alpha_0} \qquad (9)$$

Din punct de vedere practic, prezintă interes determinarea pierderii specifice de putere ca o funcție de sarcină, turație și vîscozitatea lubrifiantului.

Randamentul angrenajului. Randamentul angrenajului rezultă funcție de pierderea specifică de putere ca fiind :

$$\eta_a = \frac{P_{al} - P_{pa}}{P_{al}} = 1 - \psi_z \qquad (10)$$

Rezultate experimentale

Pentru determinarea pierderii specifice de putere din angrenaj și a randamentului acestuia, s-au determinat experimental [4] parametrii funcțiilor P_m^r (3) și P_m^a (4), pentru diverse valori ale vîscozității (temperaturii) lubrifiantului, turației și sarcinii.

Parametrii funcției P_m^r. Puterea pierdută în cazul montajului cu rulmenți, P_m^r, s-a determinat experimental ca o funcție de :

— temperatura (vîscozitatea) lubrifiantului, alegîndu-se :

$t = 30$; 40 ; 50 și 60°C ;

— turația arborelui 1 :

$n_1 = 500$; 750 ; 1000 ; 1250 ; 1500 rot/min ;

— forța pe rulment :

$F = 0$; 122, 6 ; 245,3 ; 304,1 ; 426,7 și 549,4 N.

În fiecare punct experimental (120 puncte), s-au făcut două determinări, în prelucrarea ul-

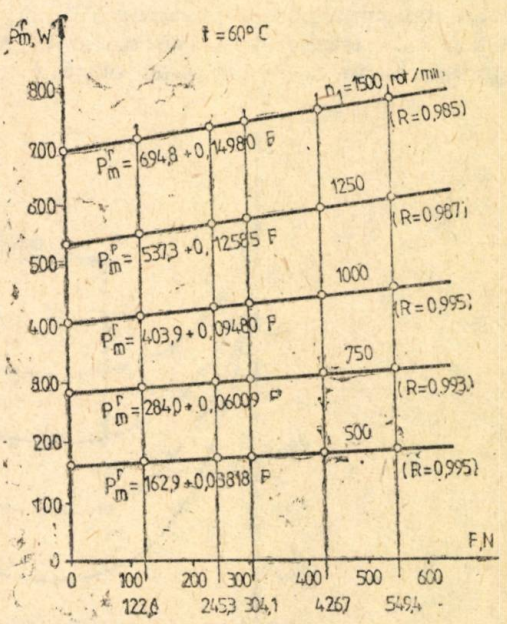


Fig. 5 Puterea pierdută în cazul montajului cu rulmenți, P_m^a, la $t = 60$°C.

terioară a datelor considerîndu-se media valorilor obținute.

Rezultatele experimentale au fost prelucrate statistic prin metoda celor mai mici pătrate, determinîndu-se [4] parametrii funcției P_m^r (3) pentru fiecare temperatură (vîscozitate), turație și forță pe rulment. S-a confirmat ipoteza variației lineare a puterii pierdute, P_m^r, funcție de sarcină (relația 3), în cadrul prelucrării statistice rezultînd coeficienți de corelare liniară foarte mari (valoarea minimă a coeficientului de corelare, pentru tot setul de date, a fost $R_{min} = 0{,}980$). Un rezultat tipic (pentru $t = 60°C$) este prezentat în figura 5.

Analog cu parametrii funcției P_m^r, s-au determinat parametrii funcției P_m^a, pentru :

— $t = 30$; 40 ; 50 ; 60°C ;

— $n_1 = 500$; 750 ; 1000 ; 1250 și 1500 rot/min ;

— forța normală din angrenare :

$$F_n = 0 \ldots 800 \text{ N},$$

deci :

$$F = 0 \ldots 400 \text{ N},$$

forțe corespunzătoare unui domeniu al valorilor efortului hertzian în polul angrenării :

$$\sigma_{HC} = 0 \ldots 500 \text{ MPa}.$$

Este de menționat că aceste valori corespund unei funcționări în regim EHD (după [1] rezultă $W = 0 \ldots 1{,}7$; $U = 1{,}2 \cdot 10^{-11} \ldots 2 \cdot 10^{-10}$ și $G = 4{,}6 \cdot 10^3$).

Datele experimentale (100 puncte X, 2 măsurări pe punct) au fost de asemenea prelucrate statistic, determinîndu-se parametrii funcției (4) pentru fiecare temperatură (vîscozitate), turație și sarcină. Și în acest caz s-au obținut valori ridicate ale coeficienților de corelare liniară ($R_{min} = 0{,}980$).

În figura 6 este prezentat un rezultat tipic (pentru $t = 60°C$).

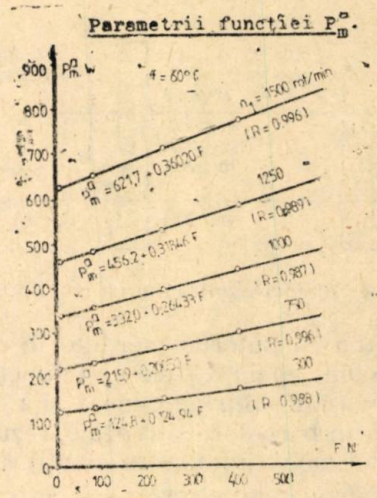


Fig. 6 Puterea pjierdută în cazul montajului cu roți dințate, P_m^a, la $t = 60°C$.

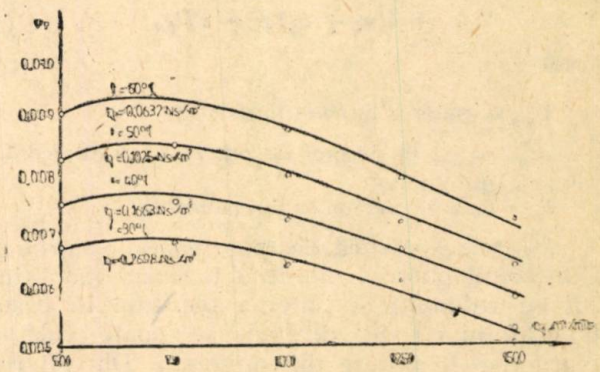


Fig. 7 Variația pierderii specifice de putere.

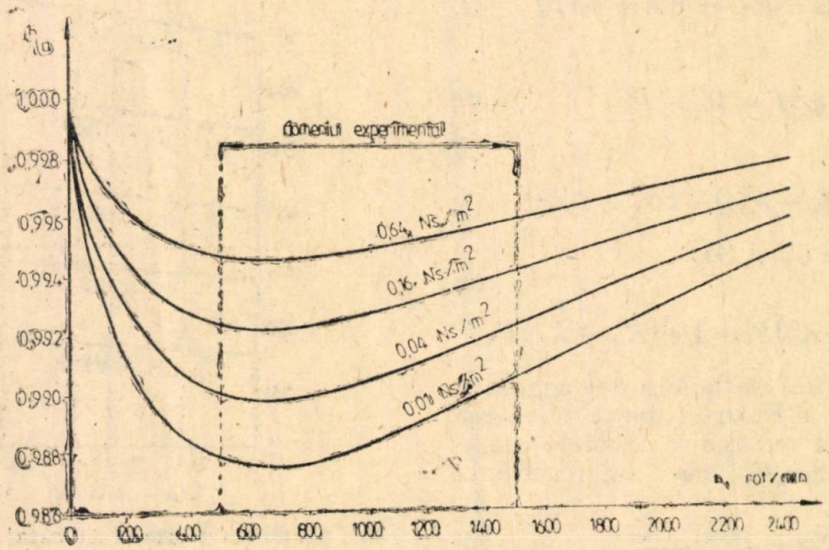


Fig. 8 Variația randamentului angrenajului.

Pierderea specifică de putere și randamentul angrenajului. Cunoscînd parametrii funcțiilor P_m^r (3) și P_m^a (4) s-a determinat (cu relația (9) pierderea specifică de putere din angrenaj.

A rezultat (fig. 7) că :

— pierderea specifică de putere nu este o funcție de sarcină (concluzie la care au ajuns și alți cercetători, de exemplu [7]) ;

— la creșterea vîscozității (scăderea temperaturii) ψ_z scade, deoarece crește grosimea filmului de lubrifiant [1, 3, 7] ;

— funcție de turație pierderea specifică de putere prezintă un maxim la turații relativ joase (aprox. 700 rot/min), după care scade considerabil (crește grosimea filmului de lubrifiant [1]).

Analog, s-a determinat (cu relația 10), randamentul angrenajului (fig. 8), rezultînd concluzii similare privind variația lui.

Pe baza datelor experimentale, s-a căutat determinarea unor funcții analitice ale pierderii specifice de putere și a randamentului angrenajului, rezultînd :

$$\psi_z = (a \cdot t + b)\, n_1^c e^{dn_1} = (m + p \cdot \ln\eta)\, n_1^c e^{dn_1} \tag{11}$$

și respectiv :

$$\eta_a = 1 - (a \cdot t + b)\, n_1^c e^{dn_1} = 1 - (m + p \cdot \ln \eta)\, n_1^c e^{dn_1} \tag{12}$$

parametrii funcțiilor determinîndu-se statistic (cu corelări bune, $R_{min} = 0{,}868$), rezultînd pentru cazul considerat : $a = 2{,}226 \cdot 10^{-60}$ C^{-1} ; $b = 1{,}194 \cdot 10^{-4}$; $c = 0{,}6536$; $d = 9{,}604 \cdot 10^{-4}$ (rot/min)$^{-1}$; $m = 1{,}259 \cdot 10^{-4}$ și $p = -4{,}6 \cdot 10^{-5}$.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Dowson, D., Higginson, G.R.* : Elasto-Hydrodinamic Lubrication. Pergamon Press, 1966.

[2] *Gafițanu, M. ș.a.* : Organe de mașini, Vol. II. Ed. Tehnică, București, 1983.

[3] *Raico, M.V.* : Smazca zubciatîh peredaci. Izd. Tehnica, Kiev, 1970.

[4] *Rașeev, M.* : Contribuții asupra influenței ungerii și a forței de frecare asupra stării de eforturi și uzării roților dințate metalice cu dinți drepți. Teză de doctorat. I.P.B. 1986.

[5] *Rădulescu, Gh., Stere, N., Rașeev, M.* : Cercetări experimentale în vederea stabilirii unei metodologii de determinare a capacității portante a flancurilor angrenajelor. Ses. șt. jub. I.M. Petroșani, 1973.

[6] *Rădulescu, Gh., Miriță, E., Rașeev, M.* : Studiul vibrațiilor torsionale într-un stand în circuit închis pentru încercarea angrenajelor. Conf. a VI-a de Mecanică, București, 1975.

[7] *Trubin, G.K.* : Kontactnaia ustalosti materialov dlia zubciatîh koles. Izd. Mașghiz, Moscova, 1962.

CZ : 621.431

Metodă de determinare a timpului optim și a programului de rodaj la motoare cu ardere internă

Prof. dr. doc. ing. Dan **PAVELESCU**, dr. ing. Andrei **TUDOR**, as. ing. E. **ILIE**, as. ing. L. **TÎNJALĂ**, as. ing. C. **LAZĂR** — Institutul Politehnic București

Ing. D. **IONESCU**, ing. D. **MIHAILESCU**, ing. M. **MARCOVICI** — I.C.S.I.T. „Faur" București

Fiz. Petre **RACOLȚA**, fiz. A., **NICUȚI** — I.F.I.N. București

Introducere

Se cunoaște că **rodajul** constituie o perioadă relativ scurtă din viață unei mașini sau instalații, situată imediat după terminarea fabricației și începutul exploatării (fig. 1). El este un proces de **uzare controlată,** care trebuie să asigure atît adaptarea suprafețelor (micro și uneori macrogeometria), cît și realizarea unei structuri cu proprietăți sporite de antifricțiune și antiuzare [1]. Deși de la data cînd Hirn a descoperit efectul rodajului (1854) [2] au trecut peste 130 ani, se fac în continuare cercetări cu scopul de a **optimiza** și **reduce rodajul** ; spre exemplu, din ultimii ani, amintim preocupările privind rodajul motoarelor diesel de tracțiune feroviară din țara noastră [3], și faptul că în 1981 rodajului i s-a consacrat la Lyon un Simpozion internațional, organizat de specialiștii din Franța și Anglia și că în 1985 a avut loc la Londra o nouă Conferință privind reducerea frecării și uzării motoarelor cu ardere internă [4, 5].

Aceste preocupări se datoresc importanței, uneori decisive, a rodajului asupra durabilității și fiabilității produsului respectiv, precum și a altor aspecte economice (capacitatea de producție, productivitatea, economia de combustibil, prețul de cost etc.). Desigur, com-

plexitatea procesului cît și toate aspectele economice sînt în mare dependență de complexitatea mașinii sau a utilajului respectiv.

În lucrarea de față ne vom ocupa, în continuarea unor preocupări anterioare [3, 6], de

În **figurile 2 și 3** sînt prezentate profilograme ale cămășilor de cilindru diesel străine și indigene. Pe baza unor astfel de profilograme s-au construit **curbele de portanță Abbott-Firestone** indicate comparativ în **figura 4.**

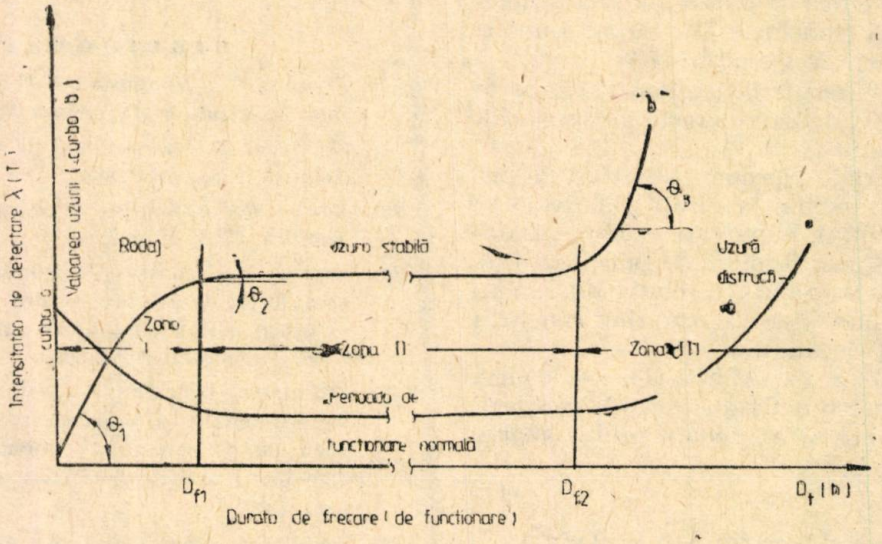


Fig. 1

posibilitatea stabilirii unui program de rodaj redus pentru motoare diesel de 500—1000 kW, pentru o anumită tehnologie de finisare a cămășilor de cilindru.

Profilograme și curbe de portanță

În vederea optimizării duratei procesului de rodaj, prin intermediul formării unei microgeometrii optime a suprafețelor cuplelor de frecare — și admițînd că nu sînt defecte de macrogeometrie — este necesară **cunoașterea microgeometriei înainte și după rodaj.**

Se consideră ca fiind **microgeometrie optimă**, microgeometria care conduce la **intensitatea minimă de uzare,** în timpul funcționării la parametrii nominali ai motorului (putere, turație, mediu ambiant). Evoluția microgeometriei în timpul procesului de rodaj se va aprecia prin intermediul profilogramelor rugozităților. **Rugozitatea tehnologică inițială** se modifică desigur continuu în timpul rodajului; odată cu ea se modifică semnificativ și curba de portanță respectiv **portanța.** Ținînd seama de cercetările efetcuate la Catedra de Organe de mașini și mecanisme a Institutului Politehnic București asupra portanței microgeometriei, precum și de studiile efectuate de unii specialiști români și străini (U.R.S.S., Japonia, U.S.A., R.F.G., Franța etc.) [1, 3, 6, 7—21], s-a ales drept cuplă principală de urmărit cupla **segment-cilindru** (mai complexă și mai caracteristică) și s-a stabilit metodologia respectivă perfecționată.

Determinarea parametrului global al microgeometriei (Δ)

Experiența căpătată, la care ne-am referit mai sus, a arătat că în preluarea sarcinei, rolul esențial îl joacă suprafața portantă, forma și

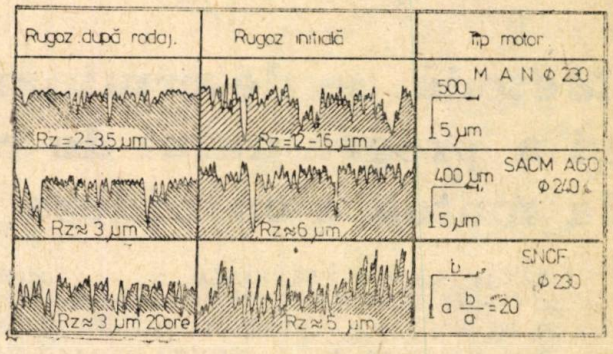


Fig. 2

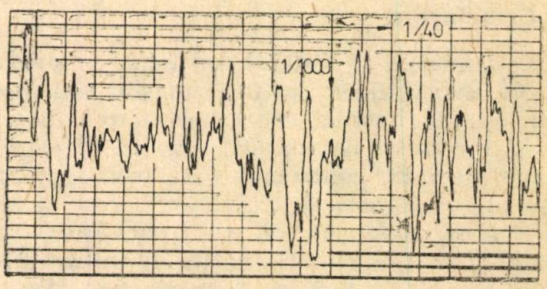


Fig. 3

legea de dispunere a rugozităților în înălțime și nu o anumită rugozitate optimă numai din punctul de vedere al înălțimii.

Pe baza acestei realități și în ipoteza aproape de realitate că, în timpul rodajului cuplei piston-cilindru, uzura predominantă este de tip **adeziv,** se admite ca **parametru global al microgeometriei.**

$$\Delta = R_{max}/r \cdot b^{1/\nu}, \qquad (1)$$

De asemenea

(3')

$$\Delta_{opt} = 107{,}3(\theta\tau_0)\cdot\left(\frac{\tau_o}{p_c^2\theta}\right)^{0{,}41} = 0{,}67\,p_c^{-0{,}82} = 0{,}27$$

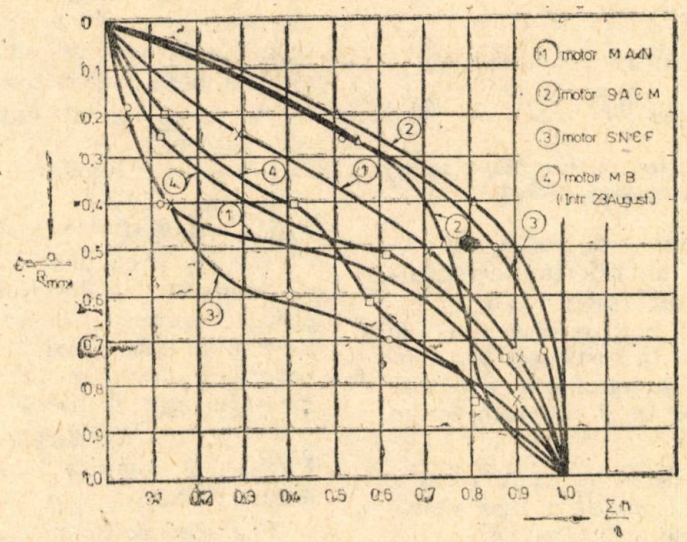


Fig. 4

unde :

R_{max} — înălțimea maximă a rugozității;

r — raza de curbură medie a mai multor asperități;

b și ν — parametrii curbei de portanță, în ipoteza modelului rugozităților sub formă de tije (modelul Kraghelski).

Pe baza măsurărilor profilometrice inițiale (rugozitatea tehnologică inițială) și a prelucrării analitice a acestor rezultate, se poate determina parametrul complex respectiv Δ_o și valoarea sa **optimă** Δ_{optim} determinată analitic :

$$\Delta_o = \frac{R_{max\,o}}{r_o b_o^{1/\nu_0}} \qquad (2)$$

$$\Delta_{optim} = \frac{R_{max\,optim}}{r b^{1/\nu}} \qquad (2')$$

Δ_{optim} rezultă din condiția de minim a valorii coeficientul de frecare (respectiv a intensității de uzare) care dacă este minim și intensitatea de uzare, atît în cazul contactului elastic I_e și respectiv în cazul plastic I_p, este minimă.

Pe baza datelor experimentale s-au obținut:

$$\nu_o = 1{,}20; \quad b_o = 0{,}75, \quad R_{max} = 31\,\mu m,$$

$$r_0 = 45\mu m \qquad (3)$$

$\Delta_0 = 0{,}87$; după rodaj ; $\nu = 3{,}7$; $b = 0{,}8$;

$R_{max} = 18\,\mu m$; $r = 80\,\mu m$ $\Delta_{optim} = 0{,}24$

unde :

τ_0 — rezistența specifică de alunecare (caracterizează natura forțelor moleculare); este dependentă de materialul de bază (energia internă) și de natura ungerii;

p_r — presiunea nominală de contact, $p_c = 2{,}9$ N/mm^2 dependentă de sarcina normală (F);

$\theta = 1 - \mu_{1p}^2/E_1 + 1 - \mu_{2p}^2/E_2$;

pentru cuplul fontă-fontă $\theta = 0{,}86.10^{-5}$ mm^2/N și $\tau_0 \approx 3$ N/mm^2 pentru ungere limită.

Determinarea timpului optim de rodaj

Știind că intensitatea liniară adimensională de uzare are expresia

$$I_h = \Delta h/L_f \qquad (4)$$

unde :

$$\Delta h = \Delta_o r_o b_o^{1/\nu_0} - \Delta_{optim}\, r b^{1/\nu} \qquad (4')$$

se poate determina L_f — lungimea totală de frecare :

(5)

$$L_f = \frac{\Delta_o r_o b_o^{1/\nu_0} - \Delta_{opt}\, r b^{1/\nu}}{I_h} = L_{of} \cdot t \cdot n \cdot n'$$

unde :

$L_{of} = 12$ mm, — lungimea de frecare a segmentului (lățimea sa), pentru o cursă;

t — timpul total de rodaj;

n — turația (rot/min);

n' —/curse/rot=4;

$I_h = I_e \approx 8{,}5 \cdot 10^{-10}$

Din expresia (5) rezultă timpul optim de rodaj :

$$t = \frac{\Delta_o r_o b_o^{1/\nu_o} - \Delta_{opt}\, r b^{1/\nu}}{I_e L_{of} \cdot n \cdot n'} \approx$$

$$\approx \frac{(\Delta_o - \Delta_{optim})\, r_o b_o^{1/\nu_o}}{I_e L_{of} n \cdot n'} \qquad (6)$$

În cazul considerat a rezultat valoarea :

$$t = 6\ 1/2\ \text{h} \qquad (6')$$

Stabilirea unui program optim de rodaj pentru un anumit tip de motor diesel

După analiza programelor de rodaj ale motoarelor diesel fabricate de diferite întreprinderi din țară și străinătate (menționate în bibliografie), precum și pe baza experienței de mai mulți ani acumulată la Institutul Politehnic București, se impun în prealabil următoarele condiții, la stabilirea unui program optim de rodaj :

— alegerea schemei de rodaj pentru cupla piston-cilindru (ca având pondere mai mare) este strict dependentă de calitatea execuției ;

— defectele de macrogeometrie nu intră în acest calcul de rodaj ; în general ele se pot înlătura greu prin rodaj fără a conduce la gripaj ;

— s-a considerat numai rodajul „la cald" în trepte succesive de sarcină și turație pînă la parametrii nominali (putere, turație) ;

— se poate folosi același ulei ca și în exploatare sau un ulei de rodaj.

În figura 5 se prezintă unele programe de rodaj prin luarea în considerare a puterii totale dezvoltate de motor, a puterii dezvoltate într-un cilindru în funcție de timp, precum și a variației turației în timpul programului. Dacă pe aceste programe de rodaj se înlocuiesc variațiile dscrete ale treptelor de încărcare cu funcții continue, deduse prin metode analitice (metoda celor mai mici pătrate, polinoame Cebîșev), atunci se pot obține unele legități care stau la baza programului de rodaj respectiv.

Spre exemplu de expresii analitice de putere și turație :

— pentru motoarele fabricate de firma sau sub licența MTU :
$P_1/P_{1n} = 3{,}04.10^{-3}t$; $n = n_n + 2{,}35\ t$, în care : P_1 este puterea dezvoltată într-un cilindru la un moment dat din timpul rodajului ; P_{1n} — puterea nominală dezvoltată într-un cilindru ; t — timpul de rodaj în minute ; n — turația arborelui motor la un moment dat (rot/min) ; n_g — turația de mers în gol a motorului.

— pentru motoarele 12 KVD — A II :
$P_1/P_{1n} = 0$, pentru $t < 20$; $P_1/P_{1n} = 12{,}5.10^{-3}t$ pentru $t \geq 20$; $n_g = n + 5{,}8\ t$

S-a considerat ca parametru de încărcare puterea relativă dezvoltată într-un cilindru (P_1/P_{1n}) și ca regim cinematic turația arborelui motor; de asemenea că stratul de material uzat în perioada de rodaj provine numai din deformații locale elastice. Astfel pentru un timp optim de rodaj de 6 1/2 ore, pentru un motor diesel de 1000 kW, se propune schema de rodaj din figura 6, (curbele a).

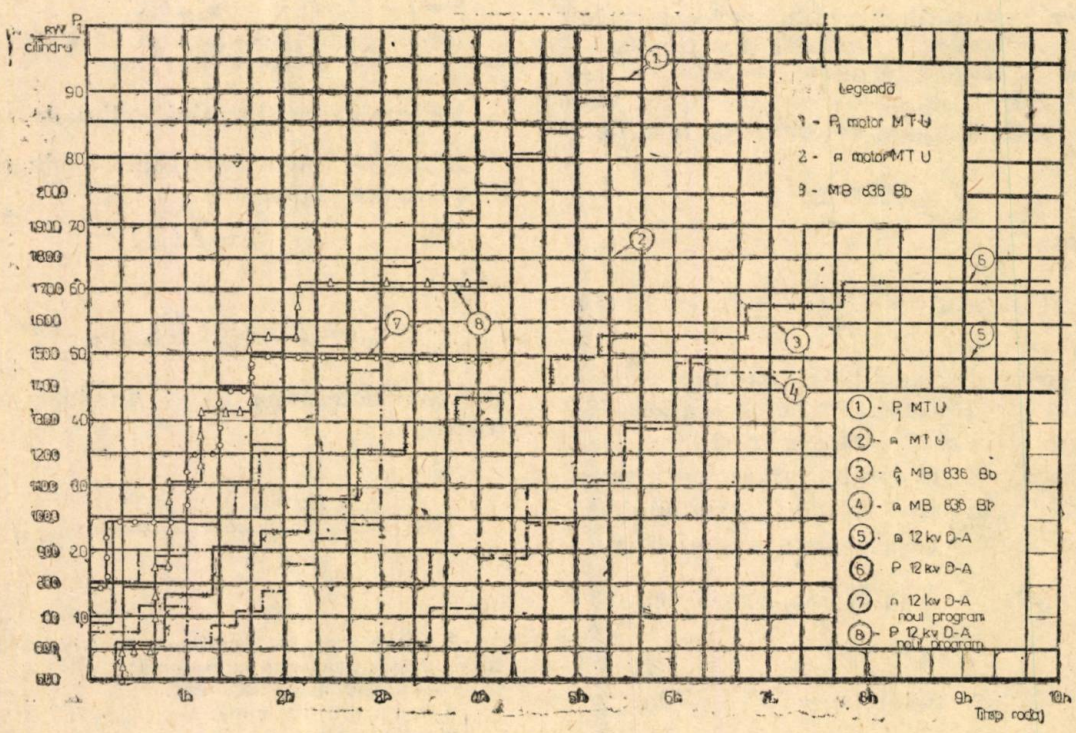


Fig. 5

Prin discretizarea acestor curbe continue în 14 trepte de rodaj, fiecare avînd un multiplu de 15', se obține schema din figura 6, (curbele b).

Pentru calculul analitic al curbelor continue necesare întocmirii programelor de rodaj se propun următoarele relații :

— pentru turație

$$n = n_g + 1{,}66\ t$$

Se face observația că sarcinile la frînă (forțe sau presiuni) se stabilesc în funcție de geometria și tipul frînei hidraulice. În discretizarea curbelor continue din figura 6, trebuie respec-

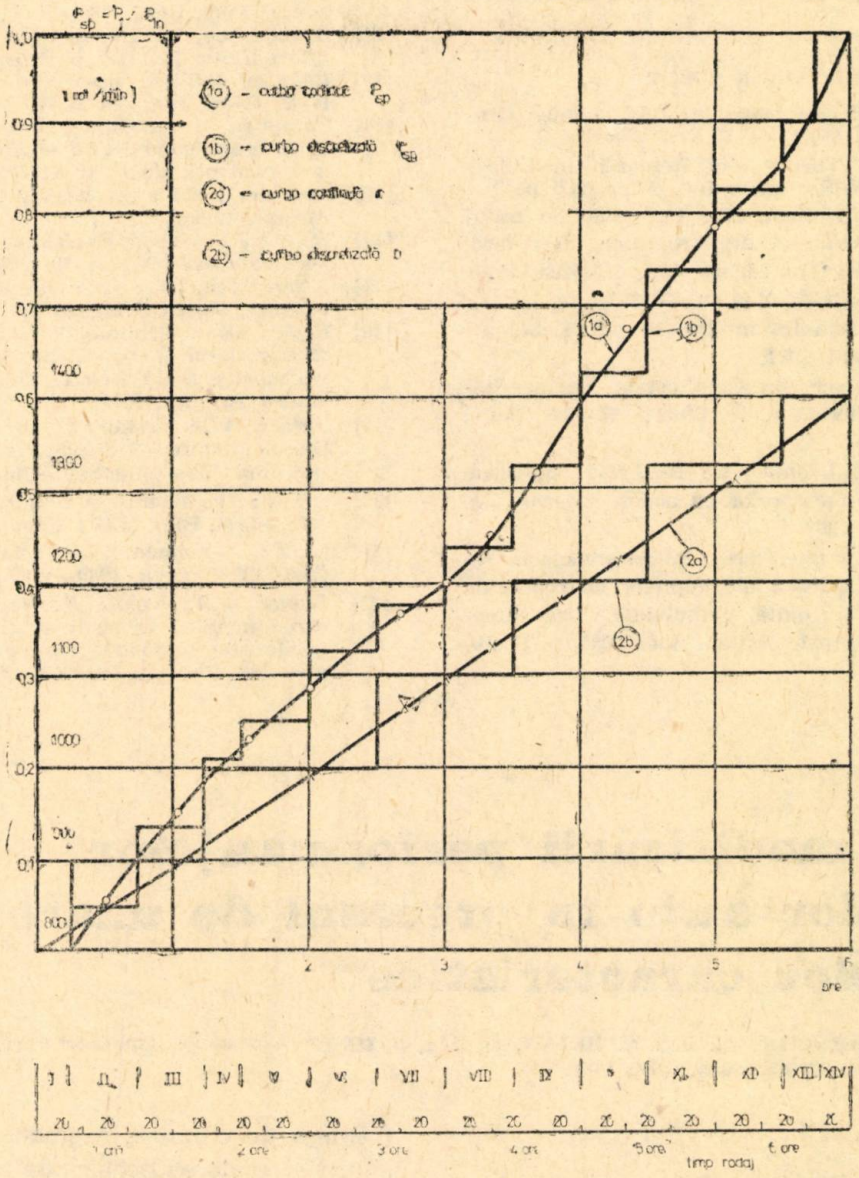


Fig. 6

— pentru puterea specifică

$$p_{sp} = \frac{p_1}{p_{1n}} = \tag{7}$$

$$= \begin{cases} 0 \text{ pentru } t \leqslant 15' \\ 5{,}65 \cdot 10^{-3} t^{0{,}82} \text{ pentru } t \in (15,\ 180)' \\ 9 \cdot 10^{-4} . t^{1{,}2} - 0{,}06 \text{ pentru } t \in (180,\ 360)' \end{cases}$$

tată condiția ca **lucrul mecanic transmis** (aria situată sub curbă) să **fie identic atît pentru curba continuă, cît și pentru curba discretizată,** iar în condițiile unui salt prea mare de putere **să se verifice experimental,** pentru ca în zonele de contact să nu apară gripaje sau alte deteriorări.

Verificarea timpului optim de rodaj se poate efectua în mod riguros (direct în atelier fără periculozitate), cu **metoda** de măsurare

(de mare sensibilitate) a uzurii **prin tehnica activării în strat subțire** a suprafeței cămășii cilindrilor și a segmenților, pusă la punct, **cu rezultate deosebite, în cadrul I.F.I.N. București. Se permite marcarea radioactivă** a pieselor metalice pe grosimi de pînă la 200—300 μ m prin folosirea de particule încărcate la ciclotronul I.F.I.N. uzura fiind controlată într-un circuit (derivat) de ulei din carterul motorului [22].

BIBLIOGRAFIE

[1] *Pavelescu, D.:* Tribotehnica, Ed. Tehnică, București, 1983, p. 81, 111—115.

[2] *Hersey, M.D.:* Theory and Research in Lubrication, John Wiley Sons, Inc. N Y. 1966 p. 3.

[3] *Zăgănescu, I., Holban, H.:* Probleme de rodaj ale motoarelor diesel de tracțiune feroviară, Tribotehnica '80, Hunedoara, vol. III Inst. Politehnic Bucureşşti, 1980, p. 891—898.

[4] x x x: The Running-in Proces in Tribology, INSA, Lyon, sept. 1981.

[5] x x x: Conference on Combustion Engines-Reduction of Friction and Wear, 18—20 Mars, London, 1985.

[6] *Marcovici, M., Leonte, A.:* Realizări moderne în construcția motoarelor cu ardere internă, Ed. Tehnică, Buc.. 1967.

[7] *Tudor, A.:* Caracterizarea microgeometriei suprafețelor de contact ale cuplelor cu regim de frecare uscat și limită, Tribotehnica '80, Hunedoara, Vol. IV Inst. Politeh. Buc., 1980, p. 1083—1089.

[8] *Tudor, A.:* Cîteva aspecte privind modificarea microgeometriei suprafețelor de frecare în perioada de rodaj, Tribotehnica '80, Hunedoara, vol. IV Inst. Politeh. Buc., 1980, p. 1115—1118.

[9] *Popa, B., ș.a.:* Motoare cu ardere internă, Ed. Dacia, Cluj-Napoca, 1983.

[10] *Calciu, Gh.:* Studiul optimizării regimului de rodaj al motoarelor de autovehicule, Univ. Brașov, Teză de doctorat, 1979.

[11] *Grünwald, B.:* Teoria, calculul și construcția motoarelor pentru autovehicule rutiere, Ed. Did. și Ped., Buc., 1980.

[12] *Apostolescu, N., Bățăgă, N.:* Motoare cu ardere internă, Buc. Ed. Did. și Pedag. 1967.

[13] *Lefevre, R.G.:* Graissage et tribotehnique, vol. I—V, Paris, Soc. des. Edit. Technique 1975—1979.

[14] *Campbell, J.:* Cylinder bore surface roughness in internal combustion engines; its appreciation and control, Wear, 19 (1972), p. 163—168.

[15] *Demkin, I.:* Facticeskaia plosciadi. Izd. Nauka, Moskva, 1966.

[16] *Wilin, J.E.:* Characterisation of cylinder bore surface finish, Wear, 19 (1975), p. 143—162.

[17] *Kraghelskii, I.V.:* ș.a.: Osnovî rascetov na trenie i iznos, Moskva, Maşinostr. 1977.

[18] *Rijov, E.V.:* Tehnologhiceskie upravlenie gheometriceskimi parametreni Kontactirniscih poverhnostei, Sb. Rascetnîe metodî oțenki trenia i iznoza, Briansk, 1975.

[19] *Spruch, W.:* Verkurzung der Einlaufzeit von Diesel motoren durchradioactive, Verschleismessung Maschinenbautechnik 28 (1979), 7.

[20] x x x: Documentație tehnică a motoarelor MB 1969—1974, Bibl. ICSIT Faur Buc.

[21] x x x: Documentația tehnică a motoarelor OLTCIT Craiova, 1980—1983.

[22] *Ivanov, E.A., Nicuți, E., Racolța, P., ș.a.:* Aplicarea metodei în strat subțire la studiul pierderilor de masă ale roților dințate. Tribotehnica '82 Ploiești, vol. III, p. 233—236.

CZ : 621.431

Asupra modificării performanțelor motoarelor auto în procesul de uzare a „pieselor caracteristice"

Ș.l. dr. ing. D. **MARINCAȘ**, ș.l. ing. N. **BEJAN**, as. ing. G. **IOSIF** — Institutul Politehnic București
Ing. L. **BIRĂU** — I.C.S.I.T.A. Brașov, filiala I.P.B.

Introducere

Motorul cu ardere internă de autovehicul — ca sistem tehnic complex, activ, semidifuz — este caracterizat prin desfășurarea unor procese staționare sau cvasistaționare — procesele termoenergetice, ungere, răcire ș.a. — și a unor procese distructive (uzare și defectare) care au un caracter aleator.

Autorii lucrării de față dezvoltă unele aspecte prezentate în [1, 2, 3] și reliefează, dintr-un nou punct de vedere, unele corelații dintre mărimea uzurii pieselor caracteristice (cămașă de cilindru, segment, camă de admisiune) și scăderea performanțelor m.a.i. și autovehiculului.

Dinamica variației performanțelor de putere și economicitate ale motorului cu uzura pieselor caracteristice

Așa cum s-a arătat în lucrările [1, 2, 4], pe baza unor determinări experimentale sistematice, s-a dedus că performanțele de putere P_e, moment motor M_e și consum specific de combustibil la turație constantă se pot exprima

sub forma unor relații analitice, avînd expresiile :

$$P_e = A \cdot \cos k \cdot (u - u_r) + B \quad (1)$$

$$M_e = [A \cdot \cos k \cdot (u - u_r) + B]'/\omega \quad (2)$$

$$C_e = 10^3 C_h / [A \cdot \cos k \cdot (u - u_r) + B] \quad (3)$$

în care :

A este amplitudinea cosinusului, în [kW] ;

B — mărimea funcției, cosinusoidale în punctul de inflexiune, ($B \simeq P$, lim), în [kW] ;

u și u_r — mărimile uzurilor la un moment dat și respectiv la sfîrșitul perioadei de rodaj, în [mm];

k — frecvența unghiulară (ciclică), în [rad/s];

ω — viteza unghiulară a arborelui cotit, în [rad/s] ;

C_h — consumul orar de combustibil, în [kg/h].

Piesele caracteristice — a căror uzură absolută influențează direct performanțele m.a.i. și care se înlocuiesc sau se recondiționează, la momentul stare tehnică limită (RG) — sînt cămașa de cilindru, segmentul de compresiune și arborele cu came.

În figura 1 este reprezentată dependența puterii efective și a consumului specific de combustibil, în raport cu uzura absolută a alezajului cilindric, determinate de autori pe cale teoretică — experimentală.

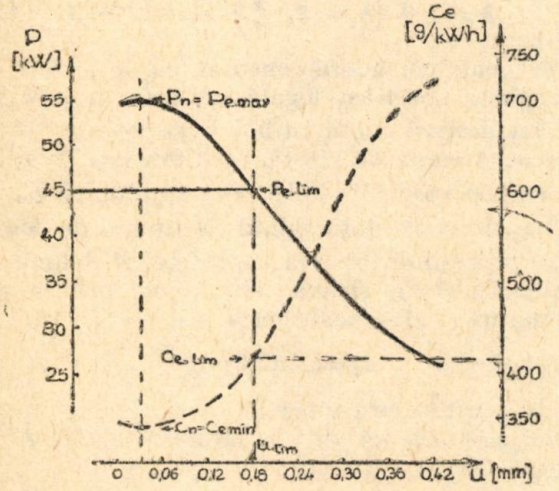


Fig. 1

Se observă că valoarea limită a puterii efective corespunde uzurii absolute a cămășii de cilindru, $u_{lim} = 0{,}18$ mm. Expresia de calcul al uzurii limită este [1, 2, 3] :

$$u_{lim} = u_r + \frac{1}{k} \arccos\left(\frac{P_{e,\,\mathrm{lim}} - B}{A}\right) \quad (4)$$

Considerînd $P_{e,\,\mathrm{lim}} = 60{,}5$ CP (44,165 kW) și $P_n = 75$ CP (54,75 kW), corespunzătoare valorilor $U_{lim} = 0{,}18$ mm și $u_r = 0{,}03$ mm, se constată scăderea puterii efective, în momentul „stare tehnică limită", cu circa 20% și creșterea consumului specific de combustibil de la 240 g/CPh (326,4 g/kWh) la 307 g/CPh (417 g/CPh), adică cu circa 22%; se consideră turația constantă și toate reglajele motorului corecte (nu s-a considerat decît uzura cămășii de cilindru și a segmentului de compresiune).

Pe baza determinărilor teoretico-experimentale efectuate, s-a constatat [1, 2] că între aria secțiunii de trecere a supapei și valoarea uzurii absolute, „u_{ca}" a înălțimii camei de admisiune de la arborele de distribuție al m.a.i. există o dependență liniară [1] de forma :

$$A_{sa} = A_{so} - B \cdot u_{ca} \ [\mathrm{mm}]^2 \quad (5)$$

în care :

A_{so} este aria secțiunii de trecere a supapei, corespunzătoare valorii $u = 0$ (arborele are cama de admisiune neuzată), în [mm] ;

B — panta dreptei de variație a secțiunii cu uzura în înălțimea camei în [mm], $B \in [100 \ldots 160]$ mm.

Dificultățile cele mai importante, la stabilirea relațiilor de dependență $P_e = f(u)$, $M_e = f_1(u)$ și $C_e = f_2(u)$, se referă la volumul mare de determinări experimentale necesare și la faptul că performanțele m.a.i. depind de uzurile tuturor pieselor caracteristice din construcția lor; se pune problema stabilirii ponderii influențelor uzurilor diferitelor piese sau acceptarea depedenței unifactoriale.

Rezultatele unor investigații teoretico-experimentale, obținute de o serie de autori și de noi, sînt sintetizate în tabelul 1. Nivelul de încredere (gradul de confidență) al aplicării relațiilor de calcul (1 . . . 4) este de peste 0,95, erorile determinate fiind $\mu \in (0{,}15\% \ldots 1{,}2\%)$.

Variația performanțelor de dinamicitate și a masei utile transportate cu autovehiculul

Dinamica desfășurării uzării pieselor în timp este reprezentată, de regulă, sub forma unei curbe statistice, $U = f_0$ (L). Necesitatea calculului statistic al uzurii rezultă din natura statistică a fenomenelor de frecare — ungere — uzare.

Pentru perioada exploatării normale — în zona II-a uzurii normale a piesei caracteristice — expresia de calcul al uzurii absolute are forma

$$u_{II} = u_r + \acute{k}t = u_r + r_c \sigma_u / \sigma_t \cdot t \quad (6)$$

în care :

k este panta curentă a curbei de variație a uzurii absolute a piesei caracteristice;

r_c — coeficientul de corelație a funcției de variabilă aleatoare u în raport cu variabila aleatoare t [h] sau L [10^3 km] ;

σ_u și σ_t (σ_L) — abaterile medii pătratice ale lui u, t, (L).

Tabelul 1

Puterea nominală [kW]	Criteriul considerat *	Parametrii tehnico-experimentali					Eroarea de calcul al puterii [%]
		A, [kW]	k, [rad/min]	u_r, [mm]	B, [kW]	C [kg/h]	
54, 75 ARO—L—25	1	—	—	0,030	44,165	18,00	1,20
28,0	1	4,4	$\pi/0,6$	0,025	23,600	10,40	1,07
	2	2,3	$\pi/1,5$	0,050	25,000	10,90	0,51
	3	0,8	$\pi/1,2$	0,015	27,300	8,58	0,15
51,5	1	—	—	—	—	15,64	0,77
73,5	1	—	—	—	—	25,70	0,83
158 D2156 HMN	1	33,0	—	0,015	125	38,70	1,20

*) Criteriile considerate la studiul variației puterii și consumului de combustibil sînt : 1 — uzura cămășilor de cilindru ; 2 — uzura camelor de admisiune ; 3 — uzurile supapelor și scaunelor de admisiune ; 3 — uzurile supapelor și scaunelor de supape.

Coeficientul de corelație r se calculează ca medie a produsului abaterilor normale ale funcției u și variabilei aleatoare t (L) :

$$r_c = M\left(\frac{t-\bar{t}}{\sigma_t} \cdot \frac{u-\bar{u}}{\sigma_u}\right) \qquad (7)$$

sau

$$r_c = M\left(\frac{L-\bar{L}}{\sigma_L} \cdot \frac{u-\bar{u}}{\sigma_u}\right) \qquad (8)$$

Dar, pentru piesele caracteristice, $r_c \in [0,7 \ldots 0,98]$.

Se poate considera, într-o primă aproximație, că $r_c = 1$ și că $r_c \sigma_u/\sigma_t = V \approx$ ct.

Deci, pe baza relației (6), se poate scrie :

$$u_{II}(t) = u_r + t \cdot v \qquad (9)$$

Acceptînd că viteza (intensitatea) de uzură $v_u(i_u) =$ ct., atunci puterea efectivă nominală, a motorului — la două parcursuri diferite $L_1 < L_2$ — va fi P_{e1} (L_1) > P_{e2} (L_2), iar momentul efectiv al motorului, la $\omega_n =$ ct., M_e (L_1) $> M_{e2}$ (L_2). Deci, factorul dinamic al autovehiculuí, calculat pentru o anumită treaptă (de ex. pentru $i_{sv} = 1$), se va găsi în relația D_1 (L_1) $> D_2(L_2)$.

Se consideră [5] la $i_{sv} = 1$, rezistența aerului $R_{a1} = R_{a2} =$ ct. și se scriu expresiile accelerațiilor de demarare, în cele două momente $t_1(L_1)$ sau $t_2(L_2)$:

$$a_{d_1} = g(D_1 - \psi)/\delta \qquad (9)$$

și

$$a_{d_2} = g(D_2 - \psi)/\delta \qquad (10)$$

Coeficientul de calcul al influenței maselor în mișcarea de rotație δ se calculează cu formula empirică [5] :

$$\delta = 1 + (\delta_1 + \delta_2 \cdot i_{sv}^2)\, G_{an}/G_a = \text{ct} \qquad (11)$$

și se poate considera constant, ca de altfel și rezistența specifică legată cu drumul, $\psi =$ ct.

La aceeași masă utilă transportată și în aceeași treaptă de viteză, rezultă că $a_{d_1} > a_{d_2}$ și, în același moment „t" al demarajului, că $v_{d_1} > v_{d_2}$. În consecință, știind că timpul de demarare reprezintă [5] aria suprafeței A delimitată de curba $(1/a_d)$ și axa absciselor (viteza de demarare, V_d) se poate scrie

$$t_d = A/(3{,}6pq)$$

unde p este scara vitezelor și q — scara inversului accelerației de demarare ; rezultă $t_{d_1} > t_{d_1}$.

Pentru a menține constante valorile performanțelor de demarare ale unui autovehicul supus uzurii fizice de ordinul I și II, în perioada exploatării normale ($a_d =$ ct, $t_d =$ ct, $S_d =$ ct, $v_{max} =$ ct), indiferent de parcursul efectuat ar fi obligatorie reducerea corespunzătoare a masei utile transportate, $m_{u_2} < m_{u_1}$.

Acest aspect a fost confirmat de rezultatele noastre obținute [4] prin calcule și determinări experimentale în cazul autocisternelor românești de combustibil : CC 113 C, 6 CC 1, 8 CC 2, 12 CC 3 și 12 ALP 1, la care scăderea masei utile transportate, corespunzătoare „stării tehnice limită" ar fi trebuit să fie $\Delta m \in [30 \ldots 40\%]$, pentru a menține neschimbate performanțele de dinamicitate inițiale.

Concluzii

1. Stabilirea relațiilor de dependență a performanțelor m.a.i. auto $P_e = f(u)$, $M_e = f_1(u)$ și $c_e = f_2(u)$ prezintă o mare importanță pentru aprecierea momentului „stare tehnică limită" al m.a.i. (RG) și al autovehiculului (RK) și pentru studiul variației performanțelor de dinamicitate ale autovehiculului rutier.

2. În scopul generalizării metodicii și legilor de variație a performanțelor m.a.i., este necesară extinderea investigațiilor și asupra altor m.a.i. din parcul auto existent în țară, deci în domeniul optimizării stării tehnice limită a m.a.i. și autovehiculelor.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Marincaș, D.*: Dinamica procesului de variație a parametrilor motorului de autovehicul, în funcție de uzura cuplelor caracteristice. Lucrare prezentată la Conferința „TRIBOTEHNICA 1980", Hunedoara, 16—17 mai 1980.

[2] *Marincaș, D., Vulpe, R.*: Modelarea procesului de scădere a capacității de lucru a autovehiculului prin uzare „TRIBOTEHNICA '80".

[3] *Marincaș, D.*: Criterii de apreciere a stării limită de uzare a motorului de automobil, „TRIBOTEHNICA '80".

[4] *Marincaș, D., Anastanescu, R.*: Influența procede uzare a motorului autocisternelor românești asupra costului lucrărilor de transport. Lucrare prezentată la Conferința „TRITEHNICA '82, Ploiești, 22—24 oct. 1982.

[5] *Untaru, M. ș.a.*: Dinamica autovehiculelor pe roți, EDP, București, 1981.

CZ : 622.839 : 621.863 : 622.242

Cercetări experimentale privind uzura și oboseala termică a materialelor utilizate în construcția tamburilor de frînă de la troliile instalațiilor de foraj

Prof. dr. ing. N.N. **ANTONESCU**, șef lucr. ing. E. **VOICU**, șef lucr. dr. ing. GH. **ZECHERU** — Institutul de Petrol și Gaze Ploiești

Conținutul și orientarea lucrării

Frîna cu bandă este deosebit de mult utilizată în construcția troliilor de foraj și intervenție, atît datorită simplității construcției și cinematicii acționării, cît și datorită posibilităților obținerii unor momente de frînare mari, la dimensiunii gabaritice relativ reduse.

Ca element specializat al instalației de suprafață, sistemul de frînare are următoarele sarcini ;

— preia o parte din energia potențială a materialului tubular la introducerea acestuia în sondă ;

— menține materialul tubular într-o poziție fixă la orice nivel de sondă.

Unul din factorii de bază, care determină calitățile în exploatare ale frînei mecanice cu bandă, este eficiența frînării și stabilitatea acesteia.

Literatura de specialitate conturează următoarele direcții principale de cercetare privind frîna cu bandă :

— determinarea valorii momentului capabil de frînare ;

— studiul procesului de frînare dintre materialul de fricțiune și tambur ;

— studiul fenomenelor termice ;

— îmbunătățiri constructive ale benzii ;

— îmbunătățiri constructive și tehnologice ale construcției tamburului.

Cercetările efectuate în cadrul Institututlui de Petrol și Gaze Ploiești au evidențiat faptul că procesul de frecare-uzare, în cazul frînei cu cu bandă, este deosebit de complex.

Multitudinea de factori externi (sarcină, viteză relativă de alunecare etc.) și interni (materialele elementelor frînei — ferodou și tambur — structura acestora, starea și topografia suprafețelor de frînare, regimul termic etc.) ce condiționează procesul de frecare-uzare, precum și complexitatea interacțiunii acestora, fac deosebit de dificilă abordarea acestei probleme.

Asupra stabilității eficienței de frînare, a siguranței procesului de frînare, are o influență considerabilă stabilitatea în timp a coeficientului de frecare.

Datorită conductibilității termice extrem de scăzute a materialului de fricțiune (ferodou), cea mai mare parte a cantității de căldură degajate în cursul procesului de frînare este preluată de tamburul de frînă.

Se produc adevărate „explozii" de temperatură de scurtă durată, pe suprafața de frecare, temperatura ajungînd pînă la (800 .... 1000°C). Ca rezultat al încălzirilor ciclice și al răcirilor, în tamburii de frînă apar tensiuni de natură termică cu valori apropiate de limita de rezistență a materialului.

Aceste tensiuni sînt cauza principală a apariției și propagării fisurilor, care în final conduc la scoaterea din uz a tamburilor.

Cercetări experimentale privind degradarea prin fisurare a tamburilor frînelor mecanice ale troliilor de foraj

Prima etapă a cercetărilor experimentale, privind degradarea prin fisurare a tamburilor frînelor mecanice ale troliilor de foraj, a constat în studierea detaliată a unor eșantioane prelevate din segmentul de tambur prezentat în figura 1.

— pe suprafețele eșantioanelor, corespunzătoare secțiunilor transversale, în peretele exterior al tamburuuli se observă dezvoltarea în adîncime a fisurilor, pornind de la suprafața de lucru, așa cum se vede în figura 3 ; fisurile au profunzimea variabilă dar prezintă vîrfurile ascuțite, acest din urmă fapt sugerînd dezvoltarea lor într-o structură fragilă ;

— toate suprafețele eșantioanelor examinate exidențiază o cantitate mare de incluziuni nemetalice, deci un nivel al purității oțelului din care s-a turnat semifabricatul tamburului.

Constatările prezentate mai sus au dictat continuarea studiului cu determinări de microstructură și duritate.

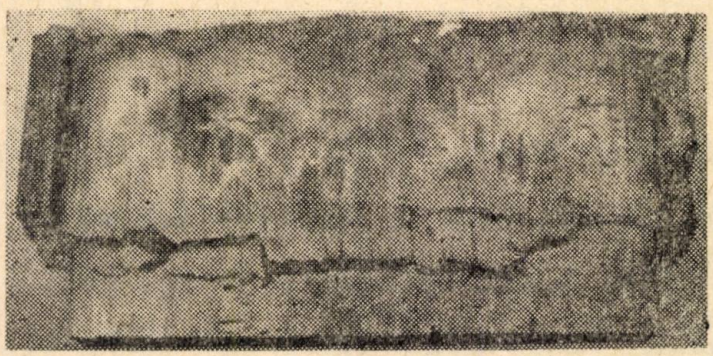


Fig. 1

Eșantioanele debitate mecanic și șlefuite au fost examinate la microscopul metalografic, neatacate cu reactivi chimici, în cîmpul luminos. În urma examinării mai multor eșantioane au rezultat următoarele aspecte :

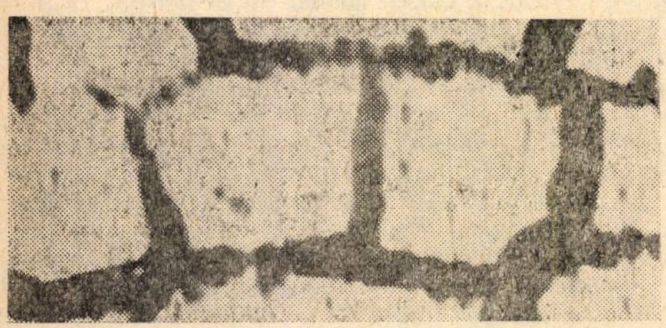


Fig. 2

— pe suprafețele eșantioanelor conținînd suprafața de lucru a tamburului de frînă, fisurile vizibile macroscopic, dezvoltate pe direcția generatoarelor, sînt discontinue, între ele existînd rețele de fisuri așa cum se arată în figura 2 ; dispunerea în rețea a fisurilor sugerează o dezvoltare intergranulară a acestora, probabil urmărind limitele cristalelor structurii granulare (obținută în urma transformării în austenită a feritei din structura primară dentritică a oțelului) a semifabricatului turnat din care s-a confecționat tamburul ;

Eșantioanele examinate anterior au fost atacate cu nital (soluție 4%, acid azotic în alcool etilic) punîndu-se în evidență, marcoscopic (pe suprafețele secțiunilor transversale în peretele tamburului), că procesul de uzare desfășurat înainte de scoaterea din funcțiune a tamburului nu a îndepărtat complet stratul cu structura modificată prin călirea superficială (executată ca tratament termic final la fabricarea tamburului). Trecîndu-se la examinarea microscopică a eșantioanelor atacate s-au evidențiat următoarele structuri caracteristice :

— în zonele eșantioanelor situate în vecinătatea suprafeței de lucru a tamburului, structura este uniformă și fină, cu aspectul tipic al structurilor obținute prin tratamentul termic de îmbunătățire ; la măriri superioare se evidențiază clar particule globulare de carburi precipitate.

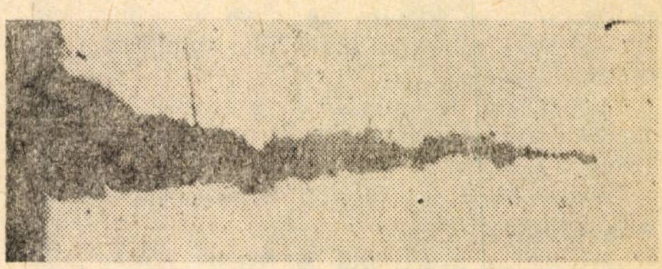


Fig. 3

— în unele zone din vecinătatea suprafeței de lucru a tamburului, eșantioanele prezintă

structuri cvasieutectoide, cu separări aciculare (probabil) de ferită, asemănătoare celor ce se evidențiază la structurile de tip Widmannstäten ;

— în zonele eșantioanelor situate spre suprafața interioară a peretelui exterior al tamburului, structura este formată dintr-o rețea neuniformă de ferită ce înconjoară cristale de perlită fină, parțial globulizată;

— trecerea de la zonele afectate de tratamentul termic de călire superficială la zonele neafectate de acest tratament este netă.

Efectuînd măsurări de duritate Vickers (cu sarcina $F = 5$ kgf pe suprafețele eșantioanelor examinate microscopic cuprinzînd secțiunile transversale prin peretele tamburului a rezultat :

— pe direcția normală la suprafața de lucru a tamburului, prin determinări efectuate din milimetru în milimetru, pe o distanță de 10 mm (prima amprentă la distanța de 1 mm de la suprafața de lucru), s-au obținut valori ale durității cuprinse în intervalul 201 ... 239 HVS (setul de 10 determinări pe un eșantion, cu cea mai mare împrăștiere a valorilor de duritate, a fost : 239/234/201/223/221/219/232/219/210/239) ;

— în lungul suprafeței de lucru (la o distanță de 1 mm de suprafață), prin determinări efectuate la fel, pe o distanță de 5 mm, s-au obținut valori ale durității cuprinse în intervalul 234 ... 241 HV5 (setul de 6 determinări pe un eșantion, cu cea mai mare împrăștiere a valorilor de duritate, a fost : 239/239/241/234/236/239).

Măsurările de duritate efectuate au evidențiat faptul că, deși microstructurile corespunzătoare diferitelor zone pe suprafele eșantioanelor sînt diferite, valorile durității sînt foarte apropiate și încălzirile repetate (în timpul ciclurilor de lucru ale frînei) ale zonei călite superficial au avut un efect de revenire, net reliefat prin determinările de duritate.

Examinînd microscopic eșantioanele în zonele cu fisuri, au rezultat următoarele aspecte interesante :

— toate fisurile au traseul mărginit de zone cu microstructura diferită de cea constatată în masa nefisurată a materialului ;

— structura ce înconjoară traseul fisurilor este friabilă, bogată în incluziuni nemetalice, cu extindere neuniformă ; aspectul fisurilor propagate în adîncime sugerează ideea că structura adiacentă precede propagarea fisurilor și este un mediu favorabil unei propagări printr-un mecanism de rupere fragilă ;

— în zona vîrfului fisurii prezentate în figura 4, există formațiuni de structură asemnănătoare celei din jurul fisurilor în care fisurarea nu s-a produs; deși s-au cercetat amănunțit toate suprafețele eșantioanelor pregătite, nu s-au mai evidențiat însă astfel de formațiuni.

Determinările experimentale au evidențiat că microduritatea structurii adiacente marginilor fisurii este ridicată, structura fiind fragilă (figura 4).

Fig. 4

Examinarea microscopică a eșantioanelor nu permite precizarea tipului de structură ce compune zonele adiacente fisurilor. Examinînd microscopic eșantioanele după relustruire și atac la cald (la 90°C, timp de 5 minute), într-o soluție alcalină de picrat de sodiu (25 g hidroxid de sodiu, 2 g acid picric cristalizat și 75 cm^3 apă distilată), s-a observat că structura adiacentă fisurii și unele incluziuni nemetalice sînt atacate, în timp ce restul structurii materialului nu este evidențiată. Studiul pe eșantioane atacate cu picrat de sodiu nu a permis precizarea tipului de microstructură din zonele adiacente fisurilor, colorația obținută în aceste zone nefiind cea tipică formațiunilor de cementită atacată cu acest reactiv.

Suprapunînd peste atacul cu soluția de picrat de sodiu un nou atac cu nital și examinînd eșantioanele la măriri de 800 ... 1000 ori, s-a constatat o diferențiene mai netă a fazelor din structura adiacentă fisurilor ; astfel s-a constatat că în matricea de bază a acestei structuri sînt înglobate faze globulare fine dispuse sub formă de rețea și o mare cantitate de incluziuni nemetalice. Avînd în vedere microdurităților mari înregistrate la măsurările efectuate anterior, a rezultat ipoteza că particulele globulare [probabil carburi de tipul Fe_3C sau $(Fe, Mu)_3 C$)] precipitate în matricea de bază (probabil feritică) sînt cauza durității mari a structurilor evidențiate în jurul fisurilor.

Continuînd cercetările pentru stabilirea naturii structurilor formate în jurul fisurilor, s-a ajuns la soluția simulării pe probe din oțel T/5 Mn 14 a proceselor de apariție a fisurilor. În acest scop s-au prelevat probe cu dimensiunile 20 x 20 x 100 din zona nefisurată a tamburului (dinspre partea interioară a peretelui tamburului), care au fost supuse la un număr de 10 cicluri de solicitare termică constînd din încălzire prin inducție pînă la 800 ... 900°C și răcire în apă. În urma acestor solicitări probele au

prezentat fisuri vizibile cu ochiul liber. Din probele astfel fisurate s-au prelevat eșantioane care au fost șlefuite, lustruite și atacate cu nital și soluție alcalină de picrat de sodiu. Imaginile microstructurilor evidențiate pe aceste eșantioane au fost de tipul celei redate în figura 5 (microstructurile în zona tra-

Fig. 5

seului de propagare în adîncime a unei fisuri). Imaginea evidențiază apariția în jurul fisurilor realizate prin simulare a unor structuri asemănătoare ca aspect cu cele observate în jurul fisurilor de pe tamburul de frînă ; se poate observa, de asemenea, structura obținută prin călire în masa nefisurată a probelor, avînd aspect tipic de structură martensitică.

Prin măsurări de microduritate (prin metoda Vickers, cu sarcina $F = 0{,}1$ kgf), s-au obținut următoarele valori :

— în masa nefisurată a probelor : 514 ... 570 HV 0,1 ;

— în structura adiacentă fisurilor : 221 ... 480 HV 0,1.

Aceste determinări au evidențiat că pe probele de simulare structura de călire prin inducție și-a păstrat durități ridicate (toate ciclurile de simulare au corespuns unor căliri), iar structura adiacentă fisurilor realizate are duritate mai scăzută (deși păstrează caracter fragil). Examinînd la măriri mari (800 ... 1000 ori) microstructurile din zona adiacentă fisurilor, s-au evidențiat precipitări de faze globulare, asemănătoare celor constatate în structurile adiacente fisurilor de pe tamburii degradați în exploatare, dar în cantitate mai redusă ; conținutul mai mic de faze globulare precipitate pare a fi cauza înregistrării unor valori mai mici ale microdurității, decît cele determinate în zonele similare din jurul fisurilor existente pe tamburi degradați în timpul funcționării la frîna mecanică a unui troliu de foraj.

Intrepretarea rezultatelor cercetări experimentale, concluzii și propuneri

Analizînd rezultatele cercetărilor experimentale privind degradarea prin fisurare a tamburilor frînelor mecanice ale troliilor de foraj s-au desprins următoarele aspecte :

— procesul de fisurare se desfășoară printr-un mecanism ce are la bază modificările ciclice de temperatură din materialul tamburilor de frînă în timpul exploatării lor ; veridicitatea acestei afirmații a fost pe deplin demonstrată prin încercările reușite de declanșare a fisurării în probe de material supuse unor cicluri termice repetate, în absența procesului de frecare-uzare tipic exploatării frînelor ;

— procesul de fisurare începe prin inițierea unor fisuri pe suprafața de lucru a tamburului de frînă și continuă prin propagarea fisurilor în decursul unui număr mare de cicluri de solicitare termică a materialului ; această constatare și aspectul prezentat anterior permit a se aprecia că procesul de degradare prin fisurare a tamburilor de frînă poate fi încadrat în categoria proceselor de „oboseală termică" ;

— configurația traseelor de dezvoltare a fisurilor arată că procesul de fisurare are caracter intercristalin, urmînd preferențial limitele cristalelor structurii granulare ce se formează la solidificarea după turnare a tamburilor de frînă, în timpul transformării feritei în austenită ; avînd în vedere cantitatea mare de incluziuni nemetalice constatată în materialul tamburilor de frînă, poate rezulta concluzia că procesele de fisurare se inițiază în zonele corespunzătoare separărilor de incluziuni nemetalice la limita grăunților primari de austenită (incluziuni nemetalice de tip II ce se formează ca urmare a micșorării la răcire a solubilității în austenită a elementelor : sulf, oxigen, azot și aluminiu) ;

— procesul de fisurare este precedat de formarea unor structuri complexe, greu de caracterizat calitativ pe baza cercetării prin microscopie optică, avînd duritate ridicată și fragilitate accentuată, ce sînt probabil formate dintr-o matrice feritică cu precipitări de carburi globulare ; apariția acestor structuri este determinată de aplicarea repetată a ciclurilor termice de încălzire-răcire, la exploatarea tamburilor de frînă, și au ca bază de germinare incluziunile nemetalice integranulare prezente în material ; în sprijinul acestor afirmații vin și indicațiile din lucrarea [2], în care sînt prezentate rezultatele unor cercetări privind cauzele deteriorării prin oboseală termică a țevilor (din oțeluri Cr-Mo, cu 1,"% Cr, 0,6% Mo și 0,15% Ni) unor schimbătoare de căldură ; fisurile constatate în aceste țevi (avînd același tip de structură adiacentă ca și cele de pe tamburii de frînă degradați în exploatare) s-au dezvoltat în lungul unor formațiuni structurale complexe (formate în procesul de solicitare termică ciclică) prezentînd duritatea mai mare decît materialul de bază și fiind alcătuite dintr-o matrice feritică cu precipitări de carburi de crom (alcătuirea

structurii a fost precizată în urma unor cercetări efectuate în microsonda electronică, punîndu-se în evidență conținuturile de Cr și C în diferite puncte din zona adiacentă fisurilor) ;

— în procesul de fisurare, starea de tensiuni din materialul tamburilor joacă un rol important, contribuind la inițierea fisurilor și extinderea lor treptată ; este posibil ca tensiunile să aibă o contribuție importantă și în procesul de formare a structurilor fragile (ce descriu traseul de dezvoltare a fisurilor) influențînd fenomenele de difuzie, producînd alunecări ale limitelor structurii granulare de turnare a materialului și intensificînd tendința de germinare a fazelor structurilor fragile ; se poate însă constata din cercetările efectuate (de exemplu experimentele de simulare) că pentru declanșarea proceselor de fisurare sînt suficiente numai tensiunile interne de natură termică, create în material ca urmare a realizării unei stări termice neuniforme, la aplicarea ciclurilor repetate de încălzire-răcire, tensiunile realizate ca urmare a solicitărilor exterioare aplicate în cursul frînărilor contribuind numai la creșterea vitezei fenomenelor de fisurare.

— desfășurarea procesului de fisurare pare a fi influențată și de parametrii ciclurilor termice de încălzire-răcire din timpul exploatării frînelor (temperatura maximă atinsă la încălzire, durata menținerii la această temperatură, viteza de răcire) ; în sprijinul acestei afirmații stau datele determinărilor de microstructură și duritate pe piesele fisurate în exploatare (în condițiile de lucru ale frînei) și pe probele fisurate în laborator (prin cicluri termice, fără aplicarea solicitărilor de frînare).

Din cele prezentate, rezultă că procesul complex de degradare prin fisurare a tamburilor frînelor mecanice ale troliilor de foraj este de natura unui proces de „oboseală termică" și are ca factor de influență cantitatea, tipul și natura incluziunilor nemetalice din oțelul folosit la confecționarea tamburilor, parametrii ciclurilor termice de încălzire-răcire din timpul exploatării frînei și starea de tensiuni (termice și mecanice) creată în materialul tamburilor.

Avînd în vedere această concluzie pot fi definite următoarele **măsuri tehnologice** pentru evitarea sau diminuarea intensității procesului de fisurare a tamburilor de frînă :

— creșterea purității oțelurilor turnate folosite la realizarea semifabricatelor pentru tamburii de frînă prin :

— elaborarea prin procedeul bazic ;
— utilizarea unor utilaje de elaborare-turnare (cuptoare, oale de turnare, rețele de turnare etc.) cu căptușeli refractare de bună calitate, nedeteriorate ;
— depozitarea atentă a oțelurilor atît în cuptor cît și în oala de turnare (în cuptor cu Si—Ca, așchii de Al, fluorură de Ca, Si—Mn, Fe—Mn, Fe—Si, iar în oala de turnare cu Al de primă fuziune, Fe—Ti și Si—Ca);
— îmbunătățirea purității prin procedee speciale (tratare în vid, zgure sintetice etc.).

Ca indicații principale privind realizarea unei calități corespunzătoare a oțelurilor turnate pentru tamburii de frînă pot fi utilizate următoarele : asigurarea unor conținuturi de sulf și plumb sub 0,03% fiecare (optim, sub 0,015% fiecare), respectarea unor rapoarte Mn : S de minim 30, realizarea unor conținuturi de Al de 0,15 ... 0,20% (Al modifică compoziția și modul de repartizare a incluziunilor nemetalice ; în cantitatea indicată determină realizarea de incluziuni de tipul I și tipul III, mai puțin novice decît incluziunile de tipul II intergranulare).

— modificarea constructivă a tamburului, în sensul îndeplinirii condițiilor de tehnologicitate necesare realizării tamburilor prin sudare din elemente laminate sau forjate ; în această variantă de realizare, se recomandă folosirea oțelului K 52 — STAS 2883 care prezintă caracteristici mecanice de rezistență la nivelul oțelului T 35 Mn 14 (K 52 are R_m = = 500 ... 610 N/mm^2 ; $R_{p02\,min}$ = 295 N/mm^2), are tenacitate superioară oțelului turnat (A_{min} = = 19% ; KCu 300/2 min = 60 j/cm^2) și se realizează pe clase de calitate fiind posibilă utilizarea lui și în construcțiile exploatate la temperaturi scăzute (pînă la —60°C).

Metodologie și stand de testare a materialelor pentru tamburii frînelor cu bandă

Cercetările întreprinse au evidențiat faptul că degradarea prin fisurare a suprafețelor de frecare ale tamburilor frînelor cu bandă are ca factor determinant principal acțiunea șocurilor termice ce se produc la fiecare ciclu de frînare ; șocurile termice repetate creează în materialul aflat în zona suprafețelor de frecare condițiile apariției fisurilor, iar tensiunile de întindere ce se dezvoltă în cursul fiecărui proces de frînare acționează ca factori de inerție și propagare a acestora. Cercetările au arătat, de asemenea, că întensitatea fenomenului de degradare prin fisurare a suprafețelor de frecare este influențată de caracteristicile și de compoziția chimică ale materialelor tamburilor de frînă ; în cazul tamburilor din oțel turnat se manifestă influența importantă a caracteristicilor structurii primare (granulația, conținutul de impurități, conținutul și tipul incluziunilor nemetalice, omogenitatea chimică și structurală, modul de dispunere — intergranular — al incluziunilor etc.). Considerarea tuturor acestor factori de influență, la alegerea materialelor pentru tamburii frînelor cu bandă, presupune utilizarea unei metode experimentale; pentru a fi eficentă tehnico-economic, metoda de cercetare experimentală de comparare a aptitudinilor diferitelor materiale pentru realizarea tamburilor de frînă trebuie să se caracterzieze prin simplitate, durată redusă

a încercărilor, consum mic de materiale și posibilități de aplicare prin adaptarea instalațiilor și aparaturii existente (să nu necesite aparatură nouă, specializată).

Metoda propusă de autori pentru realizarea unor astfel de cercetări este asemănătoare celei aplicabile în cazul studierii rezistenței la fisurare prin șocuri termice a materialelor pentru țevi de cuptoare [14.] Comportarea unei epruvete încercate după această metodă descrisă se stabilește utilizînd următoarele criterii :

a) numărul de fisuri n_f apărut după N_0 cicluri de încălzire :

b) adîncimea maximă a fisurilor apărute pe epruvetă, măsurate pe suprafețele plane ce converg în vîrful acesteia.

Metoda permite testarea preliminară a materialelor propuse pentru confecționarea tamburilor de frînă ; din materialele selectate în urma acestor încercări se confecționează tamburi prototip ce se supun verificărilor în condiții reale de lucru.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Rădulescu, Al., Mihăilescu, A., Cristea, V.* : Carnet tehnic — Utilaj petrolier — foraj, Ed. tehnică, București, 1975.

[2] *Barer, R.D., Peters, B.F.* : Why metals faile, Gordon and Breanch Ed. London, 1971.

[3] *Zecheru, Gh.* : Teză de doctorat, I.P.G. Ploiești, 1981.

[4] *Sofroni, L.* : Elaborarea și turnarea aliajelor.

[5] *Lakhtine, I.L.* : Metallographie et traitements thermiques des metaux, Ed. MIR, Moscova, 1978.

[6] *Vacu, S., ș.a.* : Elaborarea oțelurilor aliate, vol. I. Ed. tehnică, București, 1980.

[7] *Nica, Al., Morțun, Al.* : Mecanica materialelor pentru construcțiile aerospațiale.

[8] *Habraken, L., Brouwer, S.L.* : De ferri metallographia, vol. I, Presses Acad. Européennes S.C., Bruxelles, 1966.

[9] *Antonescu, N.N., Voicu, E., Neacșu, M., Albert, Gr.* : Studiul uzurii tamburilor de frînă de la troliile de foraj. Contract cercetare nr. 22/1981, I.P.G. Ploiești.

[10] *Antonescu, N.N., Voicu, E.* : Stand și metodologie de cercetare a tamburilor de frînă de la troliile de foraj „Tribotehnica 1984", Iași.

[11] *Calotă, N.* : Contribuții la cercetarea procesului de introducere a materialului tubular în sondă. Teză de doctorat I.P.G. Ploiești, 1982.

[12] *Antonescu, N.N., Voicu, E.* : Tribomodelarea proceselor de oboseală termică și de frecare-uzare a tamburilor de frînă de la troliile instalațiilor de foraj — Simpozion „Tribotehnica" — 1984, Pitești.

[13] *Vasilescu, A., Traisler, G.* : Similitudinea sistemelor elastice. Ed. Academiei R.S.R. — 1974.

[14] *Hubert, R., Huillier, J.* : Choice of heat resisting alloys for centrifugaly or statically cast petrochemical furnare Components, Acieves du Manoir — Pompey. Viking Conseil Ronen, Paris, august, 1971.

CZ : 621.771.07

Cercetări cu privire la defectările cilindrilor de laminor, în legătură cu posibilitățile de recondiționare

Prof. dr. ing. M. **GAFIȚANU**, as. ing. Florin **TUDOSE** **SANDU-VILLE**,
ș.l. dr. ing. C. **RACOCEA** — Institutul Politehnic Iași
Ing. V. **MUTU** — C.U.G. Iași

Introducere

Dintre procedeele de prelucrare prin deformare plastică, laminarea longitudinală este utilizată cel mai frecvent, aplicîndu-se la circa 90% din producția totală de laminate. Organele principale ale utilajelor de laminare sînt cei doi cilindri de lucru. De calitatea și duritatea acestor cilindri de lucru, depind atît calitatea produselor laminate, cît și productivitatea instalației de laminare.

Cilindrii de laminor fac parte din categoria produselor mari consumatoare de energie și materie primă, fiind obținuți cu cost ridicat Toate acestea subliniază importanța studierii cilindrilor de laminor pe linia îmbunătățirii durablității, evidențierii cauzelor distrugerilor și a posibilităților de recondiționare și utilizare optimă.

Ieșirea din uz a cilindrilor de laminor poate fi provocată de :

— defecte de fabricație : defecte apărute ca rezultat al nerespectării tehnologiei de fabricație (elaborare, forjare, turnare, prelucrare mecanică, prelucrare termică) ;

— defecte apărute în exploatare : distrugeri ale stratului activ (exfolieri, crăpături, fisuri, supraîncălziri locale, adeziune), distrugeri ale fusului și rozetei (ruperi), griparea lagărelor.

Distrugerile cilindrilor de laminor proprii procesului de laminare își au originea în procesele și solicitările principale la care sînt supuși.Acestea pot fi [2, 3] :

— procese tribologice (uzură abrazivă, de adeziune și de coroziune) ;

— solicitări termice (datorate șocurilor termice din focarul de laminare și zona de răcire și care dau naștere la oboseală termică) ;

— solicitări mecanice (sistemul de tensiuni legat de procesul de laminare propriu-zis și tensiunile remanente apărute în urma fabricației — dau naștere la oboseală mecanică).

Între aceste solicitări există o competiție. sub influența defectelor de fabricație (caracter aleatoriu de inițiere și accelerarea deteriorărilor datorate solicitărilor), care duce în final la scoaterea din uz a cilindrilor de laminor. Această interdependență este ilustrată în mecanismele proceselor de deteriorare în cazul laminării la rece și la cald.

În cazul laminării la rece, distrugerea abrazivă a suprafeței de lucru a cilindrilor este conjugată cu oboseala de contact a materialului. Acest fenomen este accentuat de transformarea austenitei reziduale în martensită, care se produce cu o creștere a volumului de material avînd drept consecințe tensiuni suplimentare în interiorul cilindrului [7].

În cazul laminării la cald, distrugerea suprafeței de lucru a cilindrului îmbracă forma uzurii de adeziune, apărînd și importante aspecte de oboseală și fisurare termică (tensiunile termice fiind foarte mari). Caracteristică acestui tip de uzură este inițierea pe suprafața laterală a cilindrului de laminor a unui cîmp de fisuri perpendiculare pe suprafața de laminare (fig. 1, II), sub acțiunea unor tensiuni alternant simetrice C. Oboseala termică a materialului continuă cu apariția unor fisuri paralele cu suprafață de laminare (fig. 1, II), care se unesc cu cele verticale (fig. 1, III), urmată de oxidarea generalizată a suprafeței laterale și a zonei intercristaline fisurate a cilindrului (fig. 1, IV) și de dislocarea unor mici fragmente din materialul cilindrului (fig. 1, V) [1].

Menționăm că produsele de uzură sau alte particule străine pot produce și abraziune ; uzarea diferă în regimul uscat de cel lubrifiat. Rezistența la uzură crește dacă oțelul este bine răcit. Intercalarea unor carburi mărește rezistența la uzură (cazul cilindrilor cu crustă dură maleabilizată) [6].

Analiza statistică a distrugerii cilindrilor de laminor fabricați la C.U.G. Iași și utilizați la C.S. Galați în perioada 1984—1986

Obiectul analizei statistice care urmează este constituit de cilindrii de laminor din fontă cu crustă dură, tip ∅ 750.

S-a constatat că ieșirea din uz a cilindrilor de laminor comportă următoarele aspecte :

A. Exfoliere-aspect de prezentare a uzurii, cu caracter general. Cauzele exfolierii sînt multiple și astfel putem evidenția cîteva tipuri specifice de exfoliere :

— exfoliere (cojire) prematură datorită unei joncțiuni defectuoase dintre stratul activ și masa cilindrică, cu cazuri de apariție rapidă în timpul funcționării. Eliminarea lor se face printr-o tehnologie de fabricație eficientă și corect aplicată ;

— exfoliere funcțională datorată uzurii de adeziune combinată cu oxidarea suprafețelor de lucru ;

— exfoliere normală (întîrziată) datorată oboselii mecano-termice cu cazuri de apariție întîrziată în timpul funcționării.

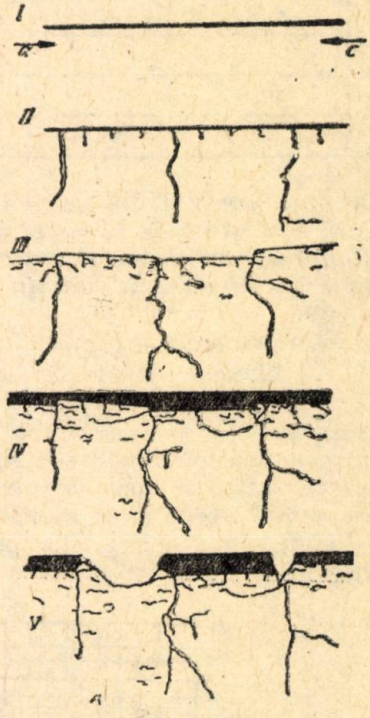


Fig. 1

B. Griparea cilindrilor în lagăre care duce la îndepărtarea bruscă a unei bucăți din stratul activ. Cauza acestui fenomen de deteriorare constă în nerespectarea regimului de funcționare a lagărelor cilindrului.

C. Ruperea cilindrilor (a fusului sau a rozetei de antrenare), fenomen a cărui cauză constă în nerespectarea condițiilor de fabricație și exploatare a cilindrilor de laminor.

Luînd în considerare aceste trei categorii de deteriorare, prezentăm situația sintetică a scoaterii din uz a cilindrilor de laminor fabricați la C.U.G. Iași și utilizați la C.S. Galați, în perioada 1 ian. 1984 — 30 sept. 1986.

S-au ales loturi semnificative de cilindri din populația totală de cilindri de laminor scoși din uz.

Din analiza datelor din tabel se impun cîteva observații :

1. Scăderea procentajului de rupere a cilindrilor reprezintă, pe de o parte, o creștere a calității cilindrilor, iar pe de alta — o aplicare eficientă a regimurilor de lucru proiectate.

Tabelul 1

Anul	Cauza scoaterii din uz					
	Exfoliere [%]			Gripare [%]	Rupere [%]	Strat material activ consumat din cilindru medie [%]
	Cojire permanentă	Exfoliere funcțională	Exfoliere normală			
1984	7 %	20 %	5 %	16 %	52%	34 %
	32 %					
1985	12 %	25 %	6 %	19 %	38 %	42 %
	43 %					
1986	6 %	42 %	9 %	20 %	23 %	62 %
	57 %					
Medie pe 3 ani	8,3 %	29 %	6,7 %	18,4 %	37,6 %	46 %
	44 %					

2. Procentul scoaterii din uz prin exfoliere înregistrează o creștere de la an la an, în special la exfolierea funcțională și cea normală, aceasta implică o creștere a calității cilindrilor în funcționare.

3. Creșterea procentului gripării atrage atenția asupra problemelor legate de funcționarea lagărelor.

Deoarece, studiile și analizele ulterioare se vor axa în principal pe elucidarea fenomenului exfolierii, prezentăm analiza acestei forme de deteriorare avînd drept bază metodologia de prelucrare statistică a rezultatelor prin metoda Weibull (fig. 2).

— exfolierea întîrziată pentru cazurile de apariție P [%] de peste 60% ;

Astfel, avem confirmarea experimentală a diferențierii cauzale a exfolierilor.

Grupînd în continuare aceste subtipuri de scoatere din uz și luînd drept criteriu de separare pentru exfolierea întîrziată adîncimea de strat activ consumat, prezentăm diagramele statistice ale loturilor de cilindri, la care exfolierea a apărut după consumarea a cel puțin 85% din stratul activ (fig. 3 a, b, c).

Se observă gruparea durabilităților, cît și mărirea pantei dreptelor (diminuarea caracterului statistic). Se poate trage concluzia că pentru aceste cazuri acționează în principal o singură cauză a distrugerii : oboseala de contact mecano-termică.

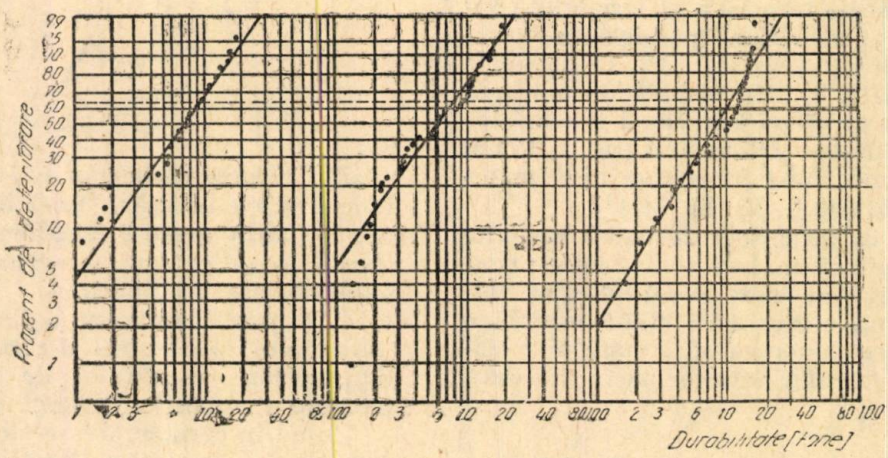


Fig. 2

Se observă că cele trei tipuri de exfoliere prezentate anterior (cojire prematură, exfoliere funcțională și întîrziată) se regăsesc în figura 2 a, b, c astfel :

— coijrea prematură pentru cazurile de apariție, cu probabilitatea de distrugere pînă la 20% ;

— exfolierea funcțională pentru cazurile de apariție, cu probabilitatea de distrugere între 20% și cca. 60% ;

Dacă în primele două cazuri de exfoliere (cojire prematură și exfoliere funcțională) se pot lua măsuri tehnologice și constructive, pentru diminuarea sau eliminarea lor, exfolierea întîrziată reprezintă fenomenul inevitabil de scoatere din uz a cilindrilor de laminor.

Afectarea în adîncime a stratului activ prin oboseală mecanico-termică, ale cărei urmări nu sînt eliminate prin uzura funcțională neuniformă, conduce la necesitatea recondiționărilor.

În figura 4, curbele au următoarele semnificații : 1°OHxz, JRU, MQ-drepte de uzură funcțională (abraziune, adeziune, coroziune) cu evoluții lente și progresive apărute după fiecare

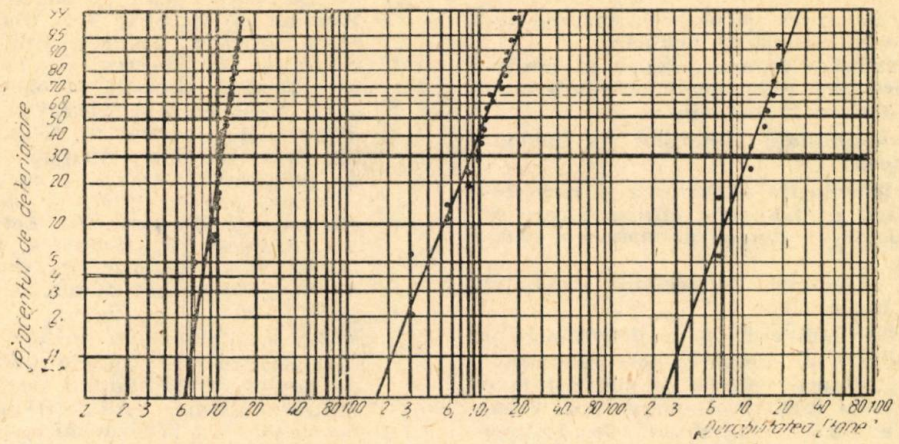


Fig. 3

rectificare de recondiționare ; 2°HI,xv, RS, KL, MP MN-curbe de oboseală ; 3°IJ, LM-rectificări de recondiționare.

Fiecare parcurs este un caz posibil de funcționare a cilindrului care duce la o anumită valoare a durabilității corespunzătoare punctelor notate de la A la G.

Considerăm drept caz practic de funcționare OHIJKLMN, căruia îi corespunde durabilitatea notată A. Permanent se urmărește aducerea funcționării cilindrului pe curbe de uzură funcțională, prin rectificări de recondiționare efectuate oportun.

Cel mai utilizat mod de recondiționare a cilindrilor de laminor îl constituie rectificarea. Se impune găsirea unui criteriu pentru aprecierea oportunității rectificării (momentul și adîncimea optimă de rectificare).

Posibilități de recondiționare și utilizare optimă

În urma analizei statistice efectuate asupra distrugerilor cilindrilor de laminor și a observațiilor făcute, s-a ajuns la formularea unei ipoteze privind variația calitativă a diametrului cilindrilor de laminor, în funcție de durabilitatea acestora (fig. 4) [5].

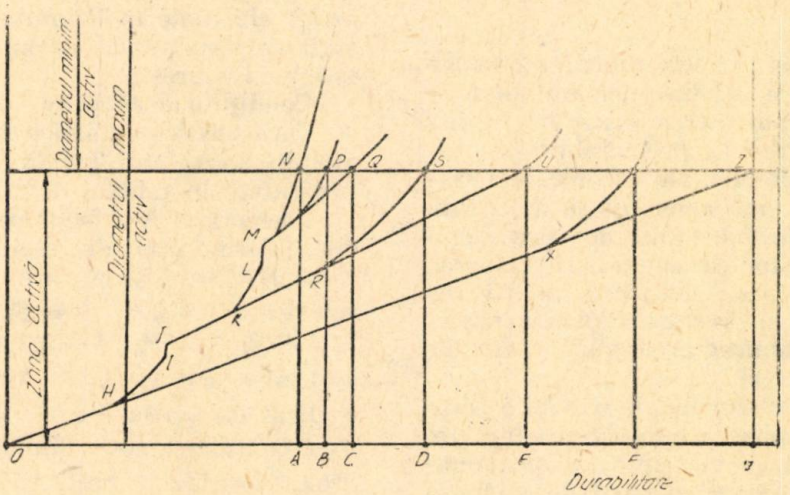


Fig. 4

Se consideră că durata de funcționare a unui cilindru de laminor se încheie în momentul în care s-a consumat integral stratul activ de lucru.

Panta curbelor de uzură crește odată cu numărul de rectificări efectuate.

Curbele aproximativ exponențiale reprezintă zone de salt ale uzurii, datorate oboselii me-

cano-termice care afectează stratul activ pînă la o anumită adîncime.

Concluzii

1. Fenomenele de uzură și oboseala mecano-termică sînt inerente procesului de laminare.

2. Oboseala materialului are originea în tensiunile mecano-termice care influențează structura stratului activ dînd naștere la microfisuri.

3. Creșterea durabilității cilindrilor de laminor poate fi efectuată prin :

a. — măsuri tehnologice (elaborarea și respectarea unor tehnologii de fabricație eficiente) care să elimine cazurile de ieșire din uz prematură a cilindrilor de laminor.

b. — măsuri funcționale (respectarea regimului optim de lucru la laminare).

c. — necesitatea unui criteriu de determinare a oportunității rectificării de recondiționare (momentul și adîncimea de strat activ afectat și eliminat la o singură rectificare). În fapt, determinarea unei capacități dinamice de bază a cilindrilor de laminor care să indice perioada între două rectificări succesive.

4. Aprofundarea fenomenelor de uzură a cilindrilor de laminor, simultan cu elaborarea unui model matematic adecvat vor conduce la creșterea durabilității acestora și la o utilizare optimă.

BIBLIOGRAFIE

[1] *De Barbadillo, J.J., Trozzi, C.J.* : Mechanism of Banding in Hot Strip Mill Work Rolls. Iron and Steel Engineer, January, 1981, pg. 63—72.

[2] *Gafițanu, M., Racocea, C., Tudose Sandu-Ville, Fl.* : Tensiuni decisive în oboseala mecano-termică, VAR EHD 4, Suceava, 1986.

[3] *Magnée, A., Gaspard, C., Cousouradis, D., Labin M., Cockerill, S.A.* : Analyse des sollicitations de cylindres de travail à chaud Revue de Metallurgie, Janvier 1977, p. 35—52.

[4] *Magnée, A., Massaux, H., Labin, M., Cockerill, S.A., Gaspard, C., Habraken, L.* : Étude de la resistance à l'ecaillage de cylindres de laminage à froid. Revue de Métallurgie, Janvier 1977. pg. 53—68.

[5] *Mutu, V., Tudose Sandu-Ville, Fl., Racocea, C.* : Cercetări privind cauzele distrugerii cilindrilor de laminoare. Posibilități de recondiționare și utilizare optimă. VAR EHD 4, Suceava 1986.

[6] *Pavelescu, D.*: Tribotehnica, Editura Tehnică, București, 1983.

[7] *Poluhin, V.P., ș.a.* : Nadejnosti i dolgovecinosti valkov holodnoi procati. Metallurghia, Moskva, 1976.

CZ : 621.91.02

Variația uzurii sculei așchietoare în funcție de parametrii regimului de așchiere la strunjirea oțelurilor inoxidabile

Prof. dr. ing. Constantin **CIOCÂRDIA**, șef lucr. dr. ing. Aurelian **VLASE**, asist. ing. Cornel **PÂRVU** — Institutul Politehnic București

Introducere

Utilizarea din ce în ce mai mult a oțelurilor inoxidabile în cele mai diverse domenii ale tehnicii necesită efectuarea unor cercetări pentru determinarea funcțiilor de prelucrabilitate prin așchiere a acestor oțeluri, ale căror caracteristici chimice și fizico-mecanice diferă mult față de cele ale oțelurilor obișnuite de construcție [1, 2]. Datorită acestor caracteristici, prelucrabilitatea oțelurilor inoxidabile este relativ redusă, consatîndu-se o creștere rapidă a uzurii sculei, în condiții similare prelucrării oțelurilor obișnuite de construcție.

La prelucrarea oțelurilor inoxidabile, este de o deosebită importanță cunoașterea funcției uzurii sculei, avînd ca variabile independente adîncimea de așchiere, t, avansul de așchiere s, viteza de așchiere v și timpul de așchiere τ.

În lucrare se prezintă modul de determinare a funcției de uzură a sculei pe fața de așezare : $VB = f(t, s, v, \tau)$ — la strunjirea în anumite condiții a oțelului inoxidabil T 7 M S Mo N C 250, folosind rezultatele unor cercetări efectuate în laboratorul catedrei Tehnologia construcției de mașini de la Institutul Politehnic București.

Condițiile de așchiere

Caracterisicile chimice și fizico-mecanice ale oțelului inoxidabil T 7 M S Mo N C 250 sînt prezentate în tabelul 1 și respectiv 2.

Prelucrarea s-a făcut pe strungul SN 400×500, folosind cuțit din oțel rapid Rp 3 cu duritatea HRC=62 și cu următorii parametri geometrici : $\gamma = 20^0$, $\alpha = 8^0$, $\alpha_1 = 8^0$, $\varkappa = 90°$, $\varkappa_1 = 10^0$, $\lambda = 0^0$, $f = 0{,}3$ mm, $\gamma_f = 0^0$, $r = 1$ mm, $\rho = 14\mu$m. Ascuțirea cuțitului s-a realizat cu piatră disc 200×20×20 A99—60 M.

S-a utilizat cuțit din oțel rapid, deoarece oțelul inoxidabil prelucrat are o plasticitate ridicată și o duritate mică, așchiindu-se mai ușor cu unghiuri de degajare foarte mari, pe care nu le au cuțitele cu plăcuțe din carburi metalice, de fabricație curentă.

S-a folosit, ca fluid de ungere și răcire, emulsia P 20%.

Tabelul 1

Elementele de aliere, [%]									
C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
0,07	0,72	1,24	0,02	0,012	0,09	13,67	25,03	0,05	0,03

Tabelul 2

Rezistența la rupere R_m [N/mm²]	Limita de curgere R_{02}, [N/mm²]	Alungirea relativă δ, [%]	Reziliența		Duritate HB
			K_{CU5L}, [kgm/cm²]	K_{CU5T}, [kgm/cm²]	
590	466	14	3	2,4	174

Uzura pe fața de așezare a cuțitului s-a măsurat la microscopul mare de atelier, cu diviziunea de 1 μm.

Metoda de cercetare și rezultatele experimentale

În vederea reducerii duratei cercetărilor experimentale, precum și a consumului de oțel inoxidabil și scule, s-a folosit o metodă rapidă, originală, care are la bază relația, cunoscută din literatura de specialitate [3]:

$$VB = C_{VB} t^x s^y v^z \tau^m \qquad (1)$$

în care :

C_{VB} este constanta care depinde, în principal, de cuplul semifabricate-sculă;

t — adîncimea de așchiere, în [mm];

s — avansul de așchiere, în [mm/rot];

v — viteza de așchiere, în [m/min];

τ — durata de așchiere, în [min];

x, y, z — exponenți politropici care depind de condițiile de așchiere.

Programul de experimentări, caracterizat printr-un număr redus de probe, precum și datele experimentale sînt prezentate în tabelul 3.

Prin logaritmarea relației (1) se obține :

$$lg\, VB = lg\, C_{VB} + x\, lg\, t + y\, lg\, s + z\, lg\, v + m\, lg\, \tau \qquad (2)$$

Introducînd notațiile : $lg\, VB = VB_1$; $lg\, C_\alpha = C$; $\lg t = t_1$; $\lg s = s_1$; $\lg v = v_1$; $\lg \tau = \tau_1$ se obține relația :

$$VB_1 = C + t_1 x + s_1 y + v_1 z + \tau_1 m \qquad (3)$$

Utilizînd metoda celor mai mici pătrate [1], se pune condiția :

$$\sum_{i=1}^{8} (VB_{1i} - C - t_{1i} x - s_{1i} y - v_{1i} z - \tau_{1i} m)^2 = \text{minim} \qquad (4)$$

Pentru simplificare se elimină indicii i, iar funcția $\sum_{i=1}^{8}$ se înlocuiește sau Σ.

În vederea respectării condiției (4), este necesar ca :

$$\frac{\partial \Sigma}{\partial C} = 0; \quad \frac{\partial \Sigma}{\partial x} = 0; \quad \frac{\partial \Sigma}{\partial y} = 0;$$

$$\frac{\partial \Sigma}{\partial z} = 0; \quad \frac{\partial \Sigma}{\partial m} = 0$$

Tabelul 3

Nr. probei	t, [mm]	s, [mm/rot]	v, [m/min]	τ [min]	VB, [mm]
1	2,5	0,20	18,65	31,6	0,782
2	4,0	0,20	17,45	29,5	0,952
3	2,5	0,40	15,53	12,2	1,155
4	2,5	0,20	21,30	5,6	0,540
5	2,5	0,20	22,00	5,2	0,556
6	4,0	0,20	20,15	14,4	0,951
7	2,5	0,40	16,80	8,3	1,157
8	4,0	0,20	21,90	9,5	0,950

Efectuînd derivatele parțiale se obține un sistem liniar, neomogen și determinat cu 5 ecuații și 5 necunoscute :

$$\begin{cases} \Sigma VB_1 - \Sigma C - x\Sigma t_1 - y\Sigma s_1 - z\Sigma v_1 - \\ - m\Sigma\tau_1 = 0 \\ \Sigma VB_1 t_1 - C\Sigma t_1 - x\Sigma t_1^2 - y\Sigma s_1 t_1 - \\ - z\Sigma v_1 t_1 - m\Sigma\tau_1 t_1 = 0 \\ \Sigma VB_1 s_1 - C\Sigma s_1 - x\Sigma t_1 s_1 - y\Sigma s_1^2 - \\ - z\Sigma v_1 s_1 - m\Sigma\tau_1 s_1 = 0 \\ \Sigma VB_1 v_1 - C\Sigma v_1 - x\Sigma t_1 v_1 - y\Sigma s_1 v_1 - \\ - z\Sigma v_1^2 - m\Sigma\tau_1 v_1 = 0 \\ \Sigma VB_1\tau_1 - C\Sigma\tau_1 - x\Sigma t_1\tau_1 - y\Sigma s_1\tau_1 - \\ - z\Sigma v_1\tau_1 - m\Sigma\tau_1^2 = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Prin introducerea datelor experimentale din tabelul 3 în sistemul de ecuații (5) și prin rezolvarea acestuia cu calculatorul CORAL 4011, s-au obținut următoarele soluții : $C = \lg C_{VB} = -2{,}040776$; $C_{VB} = 9{,}1 \cdot 10^{-3}$; $x = 0{,}712$; $y = 1{,}489$; $z = 1{,}711$; $m = 0{,}345$.

Astfel, relația uzurii sculei așchietoare, pentru condițiile de așchiere prezentate anterior, devine :

$$VB = 9{,}1 \cdot 10^{-3} t^{0{,}712} s^{1{,}489} v^{1{,}711} \tau^{0{,}345} \text{ [mm]} \quad (6)$$

Pentru a verifica precizia determinărilor, s-a calculat cu relația (6) uzura pe fața de așezare a sculei a șchietoare, la toate cele 8 determinări și s-a constatat că erorile relative sînt cuprinse într-un domeniu foarte mic : (—0,32) % ... (+0,17)%.

Relația (6) permite determinarea uzurii pe fața de așezare a cuțitului, în cazul cuplului oțel inoxidabil T 7 MS Mo NC 250 — cuțit din oțel rapid R_{p3}, în funcție de parametrii regimului de așchiere și de durata așchierii, în condițiile menționate la capitolul 2. Relații similare se pot determina pentru diferite alte cupluri material prelucrat — sculă și diferite condiții de așchiere.

Din figurile 1 ... 9, precum și din relația (6) se observă că uzura VB crește exponențial odată cu creșterea parametrilor regimului de de așchiere t, s, v și că influența cea mai mare o are viteza de așchiere, după care urmează avansul și, respectiv, adîncimea de așchiere.

Relația (6) prezintă deosebită importanță deoarece permite stabilirea vitezei de așchiere pentru un cuplu material prelucrat — sculă, în condițiile impunerii unei anumite uzuri VB și, respectiv, stabilirii unor valori pentru adîncimea și avansul de așchiere (t, s) și durabilitatea sculei (T).

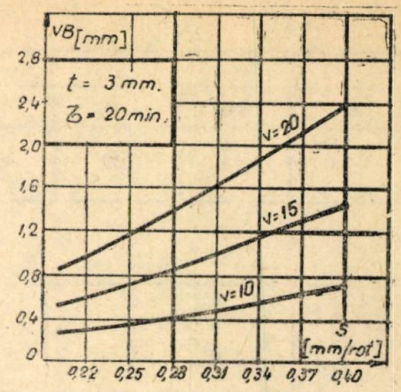


Fig. 1

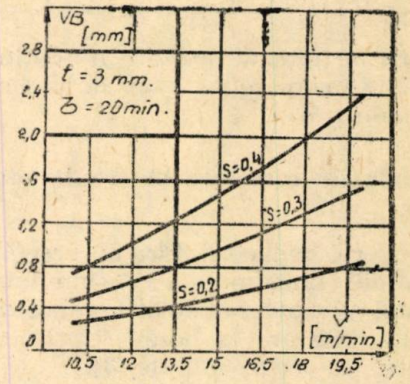


Fig. 2

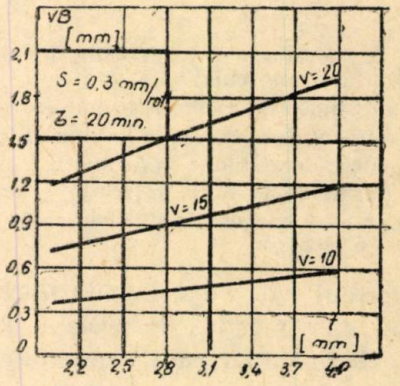


Fig. 3

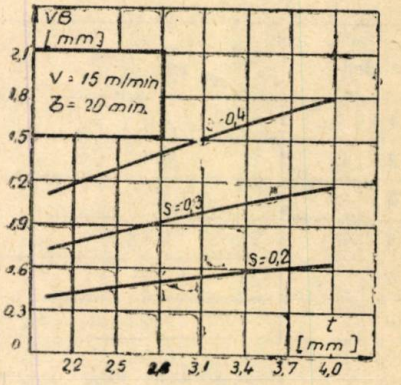


Fig. 4

Astfel, dacă drept criteriu pentru calculul vtezei de așchiere se alege, conform reco-

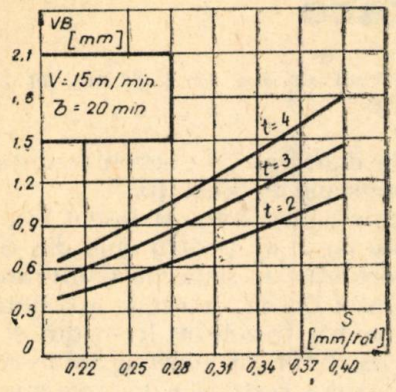


Fig. 5

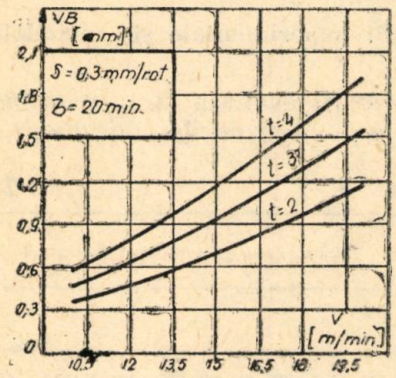


Fig. 6

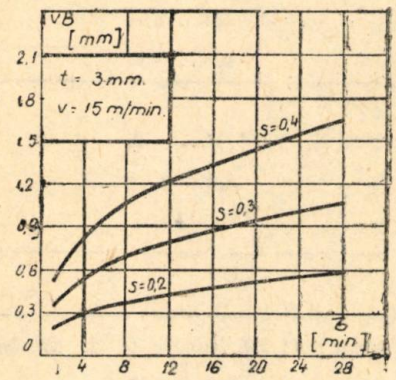


Fig. 7

mandărilor ISO/TC 29/WG 22, uzura pe fața de așezare a cuțitului $VB = 0{,}8$ mm, înlocuind această valoare în relația (6), precum și pe τ cu durabilitatea T a sculei, rezultă :

$$V_{VB0,8} = \frac{13{,}684}{T^{0.202} t^{0,416} s^{0,87}} \text{ [m/min]} \qquad (7)$$

Concluzii

Metoda rapidă utilizată pentru stabilirea funcției $VB = f(t, s, v, \tau)$ în anumite condiții de prelucrare prezintă următoarele **avantaje** :

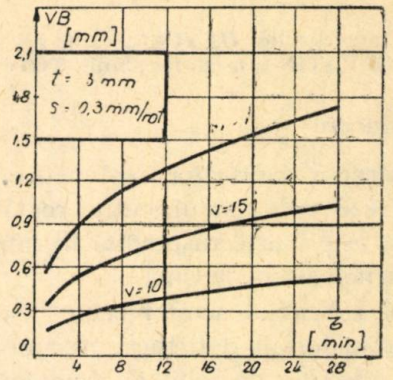


Fig. 8

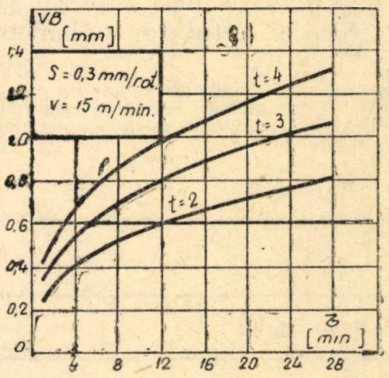


Fig. 9

— reducerea importantă a timpului pentru determinările experimentale, precum și a consumului de material și scule, fiind deci mult mai economică decit alte metode ;

— determinările se pot efectua pe strunguri normale, cu turații în trepte, utilizîndu-se semifabricate de dimensiuni adecvate și uzura măsurîndu-se după o trecere ;

— precizia relațiilor stabilite prin această metodă este comparabilă cu precizia obținută folosind metode de precizie ridicată, dar de durată și cu consumuri de materiale și scule mari.

Relațiile (6) și (7) care au fost determinate pentru cuplul oțel inoxidabil T 7 MS Mo NC 250 — cuțit din oțel rapid R_{p3} sînt deosebit de utile pentru stabilirea condițiilor de prelucrare în anumite cazuri concrete.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Vlase, A.* : Contribuții privind studiul prelucrabilității prin așchiere a oțelurilor inoxidabile de producție indigenă. Teză de doctorat, Institutul Politehnic București, 1977.

[2] *Romagnolo, G.* : L'usinage des aciers inoxydables. In „Machine Moderne", Juillet, 1973.

[3] *Lăzărescu, I.* : Teoria așchierii metalelor și proiectarea sculelor, E.D.P., 1964.

[4] *Vlase, A.* : Considerații asupra unor căi de îmbunătățire a prelucrabilității oțelurilor inoxidabile, Buletinul de informare tehnică IMGB, nr. 3—4, 1975.

CZ : 621.914.2

Cercetări experimentale privind durabilitatea optimă a sculelor de danturare

Conf. dr. ing. Nicolae **OANCEA**, conf. dr. ing. Mihai **TEODORESCU**, conf. dr. ing. Emil **ȚĂRU**, șef lucr. ing. Nicu **CĂPĂȚÎNĂ**, asist. ing. Sofia **TOTOLICI** — Universitatea din Galați

Introducere

Prelucrarea danturilor evolventice prin rulare cu freze melc modul, cuțite roată de mortezat etc., este foarte răspîndită în intreprinderile constructoare de mașini.

Costul ridicat al acestor scule *), consumul ridicat de materiale deficitare precum și tehnologia de execuție deosebit de complexă a lor impun, pentru conducerile întreprinderilor, asigurarea unei exploatări raționale în sensul asigurării corecte a tuturor parametrilor procesului de danturare, în scopul reducerii consumului de scule de acest tip.

S-a impus, lucru bine cunoscut în literatura specialitate [1, 2, 3], pentru unul din consumatorii importanți de scule de danturare, I.U.G. Progresul din Brăila, determinarea durabilității optime pentru frezele melc modul și cuțitele roată de mortezat, în vederea reducerii consumurilor și deci a costurilor de producție.

Cercetările, desfășurate în condiții industriale, au permis evidențierea unor aspecte importante în exploatarea sculelor de acest tip.

*) Costul unei freze melc modul m = 14 mm poate atinge 140.000 lei. Cheltuielile legate de consumul de cuțite roată, la întreprinderea amintită, pot depăși un milion lei anual.

Condiții experimentale și metodologie de analiză

S-a urmărit evoluția dinților așchietori la danturarea cu regimurile de lucru folosite

Tabelul 1

Nr. crt.	Parametrul	Denumirea și domeniul de valori
A. Freze melc modul		
1.	Materialul roții dințate	OLC 45, OT 50, 41 Mo Cr 11, 34 Mo Cr Ni 15
2.	Duritatea materialului HB, [daN/mm^2]	210 ... 300
3.	Modulul roții dințate, m, [mm]	12 ... 18
4.	Numărul de dinți ai roții, z	21 ... 164
5.	Lățimea roții, B, [mm]	100 ... 450
6.	Regimul de lucru :	
	— turația sculei, n [rot/min]	16 ... 31
	— avansul axial, s , [mm/rot piesă]	1,0 ... 1,75
	— numărul de treceri, i	2
B. Cuțite roată de mortezat		
1.	Materialul roții dințate	T 33 Mo Cr 11, 36 Mo Cr 10, 21 Mo Mn G 12
2.	Duritatea HB, [daN/mm^2]	225 ... 277
3.	Modulul roții dințate, m, [mm]	2,75 ... 9
4.	Numărul de dinți, z	13 ... 81
5.	Lățimea roții, B, [mm]	38 ... 120
6.	Regimul de lucru :	
	— numărul de curse duble/min, n	54, 81, 92, 140, 200
	— avansul circular, s_c [mm/cd]	0,14 ... 0,75
	— numărul de treceri, i	3 ... 5

curent în secțiile de danturare, măsurîndu-se, pentru ambele tipuri de scule, uzura maximă pe suprafețele de așezare, VB (fig. 1), pentru toți dinții fiecărei scule studiate.

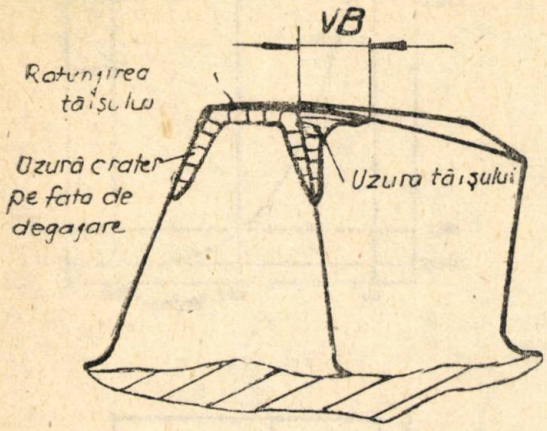


Fig. 1

Condițiile experimentale sînt prezentate în tabelul 1.

Măsurarea fațetelor de uzură s-a făcut cu precizie de 0,01 mm, pentru ambele flancuri ale dinților. Valorile erorilor măsurate au permis trasarea histogramelor de uzură, de forma din figura 2.

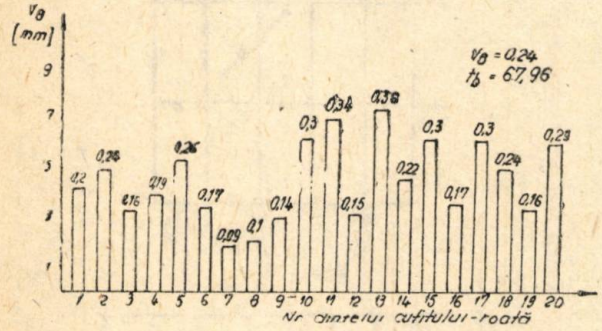


Fig. 2

Histogramele astfel trasate, după eliminarea valorilor uzurii accidentale, permit evaluarea, ca medie a valorilor măsurate, a mărimii caracteristicea uzurii VB pentru fiecare sculă.

Cunoscut fiind modul de reascuțire a frezelor melc și a cuțitelor roată de mortezat, se poate stabili cu exactitate pierderea dimensională a grosimii dinților după fiecare reascuțire (fig. 3).

Pierderea dimensională a grosimii dintelui, pentru ambele tipuri de scule este $VB + \delta$, unde δ este un adaos de rectificare (se poate accepta $\delta = 0{,}05$ mm).

Cunoscînd durata efectivă de timp de lucru al sculei (durată determinată prin calcul, pe baza elementelor regimului de lucru folosit pe mașinile de danturat), se poate determina durabilitatea sculei, corespunzătoare unui criteriu de uzare impusă.

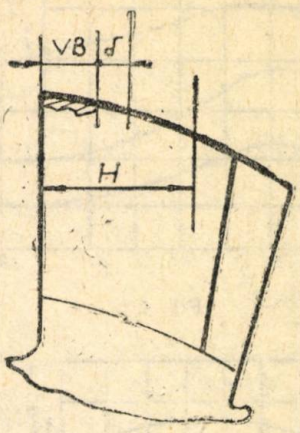


Fig. 3

Este posibil, luînd în considerare numărul mare de determinări, ca în funcție de condițiile de lucru ale sculei să se traseze dependențele durabilitate-criteriu de uzare. Mai mult, ținîndu-se seama de rezerva de ascuțire H pentru fiecare tip de sculă (pentru freza melc — $0{,}66\ H_0$, pentru cuțit roată — $0{,}70\ H_0$ — H_0 fiind grosimea dintelui), se pot determina dependențele durabilitate-criteriu de uzare.

Notînd cu T_i durabilitatea sculei, corespunzătoare criteriului VB_i, se determină durabilitatea totală, cu relația :

$$T_i = \frac{H_0}{VB_i + \delta} \cdot T_i \ [\text{min}]$$

În acest fel s-au trasat, pentru diferite condiții de lucru (material prelucrat număr de dinți ai sculei și roții, modulul roții), dependențele durabilitate totală-criteriu de uzare, fiind posibilă stabilirea criteriului optim de uzare corespunzător durabilității totale maxime.

Date experimentale

Se prezintă, în continuare, cîteva dependențe durabilitate totală-criteriu de uzare, deter-

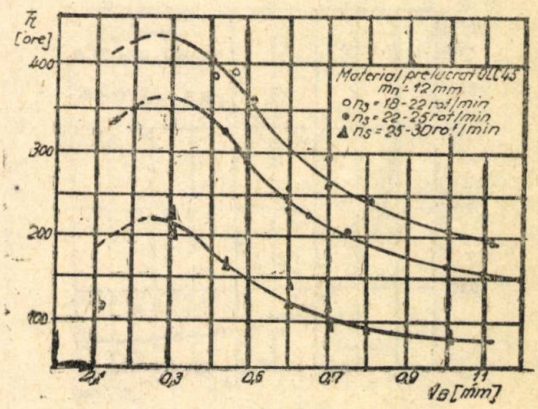


Fig. 4, a

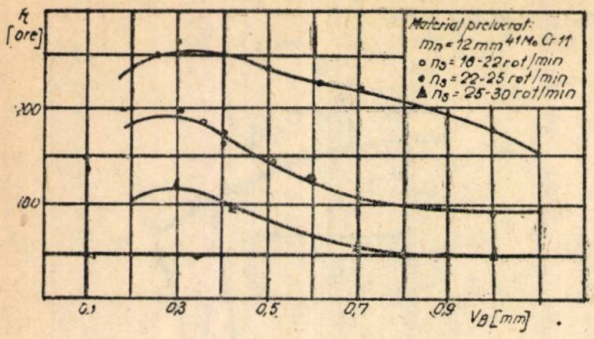


Fig. 4, b

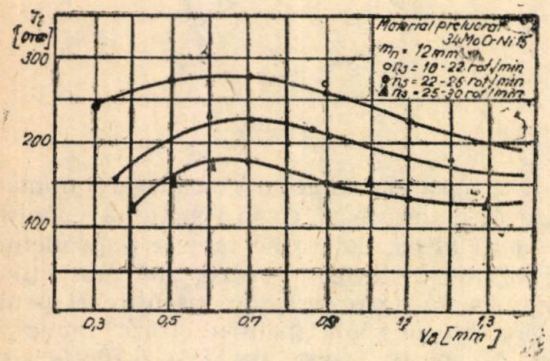


Fig. 4, c

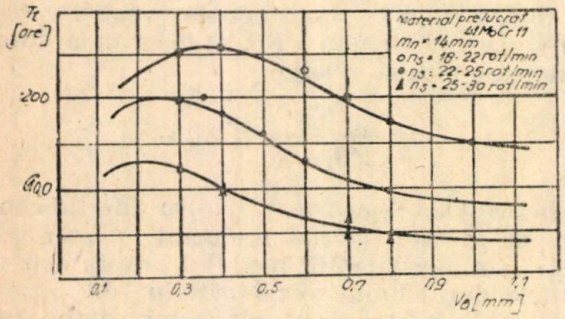


Fig. 4, d

minate la exploatarea în condiții industriale a frezelor melc (fig. 4) și a cuțitelor roată de mortezat (fig. 5).

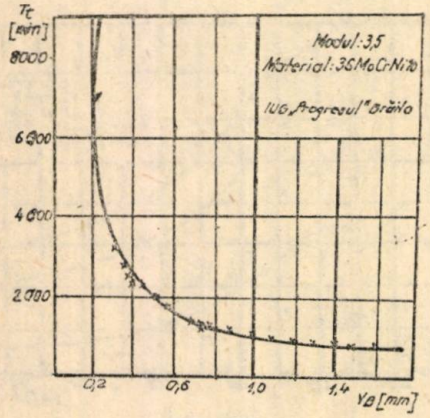


Fig. 5, a

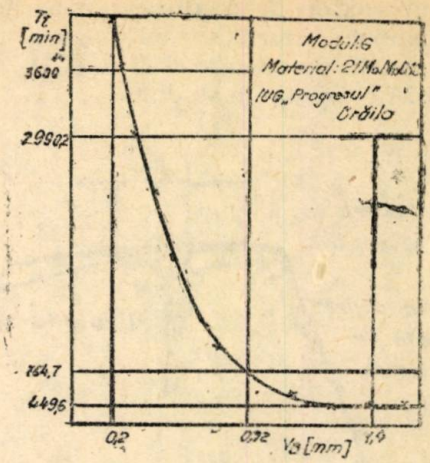


Fig. 5, b

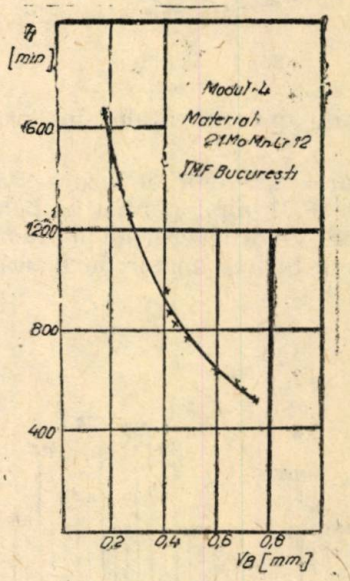


Fig. 5, c

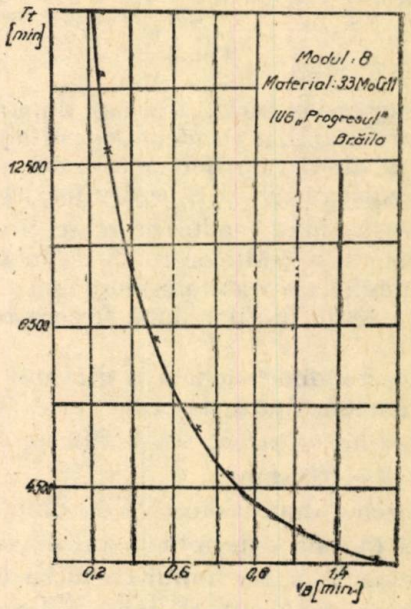


Fig. 5, d

Diagramele respective s-au întocmit pentru module de 12 mm (fig. 4 a, b, c) și 14 mm (fig. 4, d), în cazul danturării cu freze-melc modul și pentru module de 3,5 (fig. 5, a), 6 (fig. 5, b), 4 (fig. 5, c) și 8 mm (fig. 5, d) pentru prelucrarea cu cuțite roată de mortezat.

Concluzii

Diagramele durabilitate totală-criteriu de uzare au permis precizarea, pentru diferite condiții de exploatare, a mărimii criteriului de uzare care asigură durabilitatea totală maximă a frezelor-melc sau a cuțitelor roată.

Din analiza dependențelor stabilite, se poate constata că acceptarea unor valori mari ale criteriului de uzare are ca rezultat o exploatare nerațională a sculelor. Pentru situația analizată, durabilitatea totală a frezelor-melc reprezintă numai 60...70%, iar a cuțitelor roată chiar mai puțin de 50% din valoarea durabilității totale maxime.

O astfel de analiză dă posibilitatea elaborării de normative de utilizare a sculelor de danturat care să asigure o exploatare rațională a acestora.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Oprean, A. ș.a.*: Bazele așchierii și generării suprafețelor. Edit. Didactică și Pedagogică, București, 1981.

[2] *Lăzărescu, D.I.*: Teoria așchierii și proiectarea sculelor. Edit. Didactică și Pedagogiiă, București, 1964.

[3] *Secară, Gh.*: Proiectarea sculelor așchietoare. Edit. Didactică și Pedagogică, București, 1979.

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ
pentru
INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

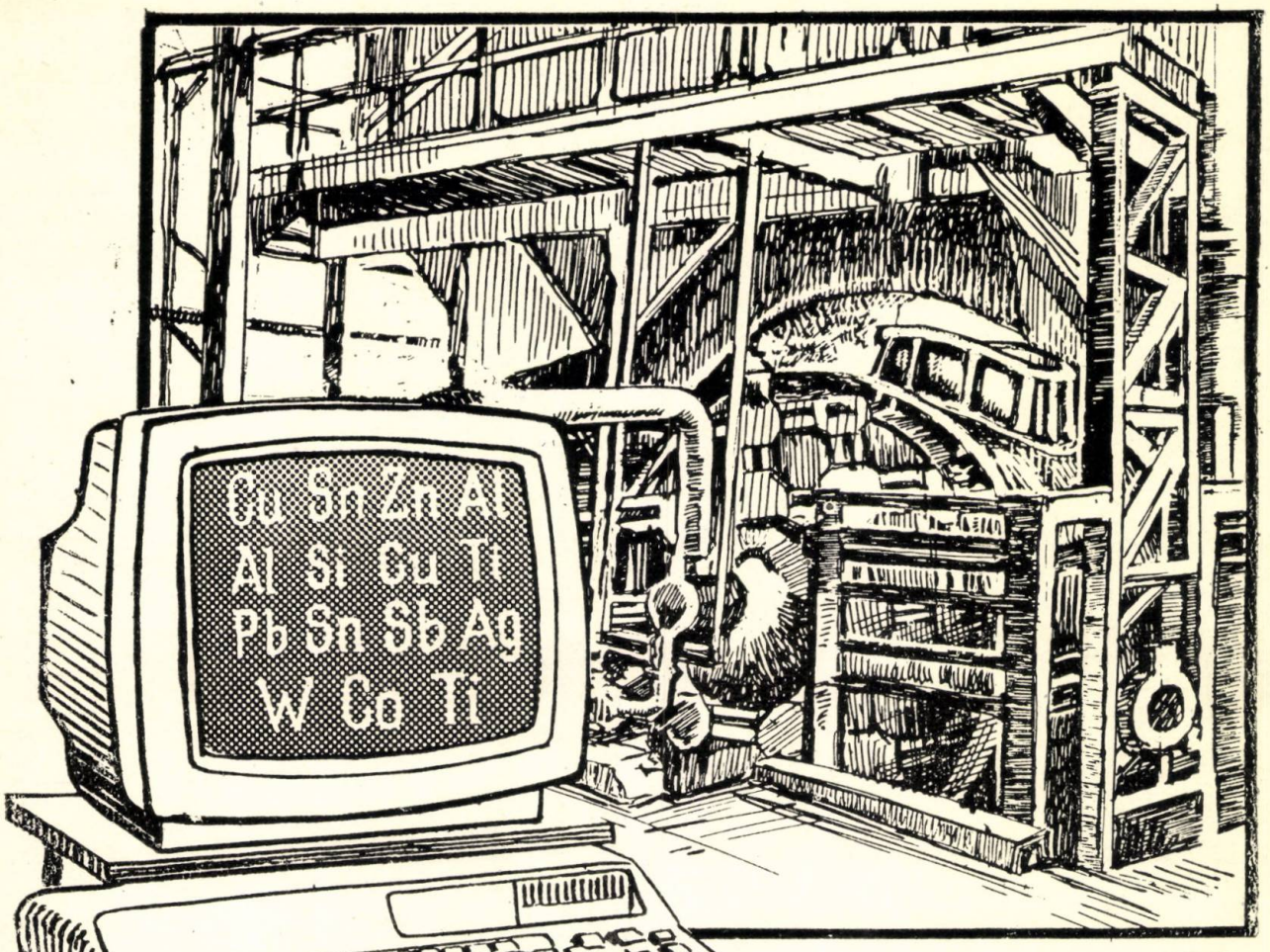
difuzează în anul 1988

materiale de informare despre realizări din țară și din străinătate privind preocupările actuale în domeniul construcțiilor de mașini, de ex.: programul energetic, valorificarea surselor proprii de materii prime, calitatea produselor, economisirea materiilor prime și reciclarea deșeurilor, productivitatea muncii etc.

Materialele sînt grupate în serii:

Simbolul	Denumirea seriei
	REALIZĂRI ALE CERCETĂRII ROMÂNEȘTI
RCM	Revista „Construcția de mașini"
ID	INFORMARE DOCUMENTARĂ asupra nivelului progresului tehnic pe plan mondial în industria construcțiilor de mașini
	Informări pentru cadre de conducere:
IDCM	Informare documentară în construcția de mașini
IDCM-C	Informare documentară în construcția de mașini — conjunctură
IDCM-E	Informare documentară în construcția de mașini-energie
IDCM-O	Informare documentară în construcția de mașini-organizare
IDCM-PM	Informare documentară pentru protecția muncii
	Informări pentru specialiști:
IDT	Informare documentară în turnătorii
IDTT	Informare documentară pentru tratamente termice
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări prin deformare plastică
IDS	Informare documentară pentru sudori
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări la rece
IDCC	Informare documentară pentru calitate și control
IDMK	Informare documentară pentru prognoză și marketing
IDAR	Informare documentară pentru automatizare, robotizare
IDRC	Informare documentară privind reducerea consumurilor de materiale și energie

Simbolul	Denumirea seriei
	SINTEZE DOCUMENTARE privind **nivelul tehnic pe plan mondial** în industria construcțiilor de mașini
SID	Noutăți în diverse domenii
	REALIZĂRI ALE UNITĂȚILOR MICM
CO, CTN, CMA, CA, PTN, SE, CSSM, RSM, CES, CTO, CT	**Cataloage de fișe tehnice** de produse, tehnologii și mecanizări, automatizări autoutilări, SDV-uri Realizări deosebite, omologări standarde etc. Realizări în sudare Echipamente de sudare Produse tipizate, descrieri de tehnologii
	DOCUMENTE NORMATIVE
BI	**Buletinul intern MICM**
NT	Normative tehnice
LPCM, R	Liste de prețuri în construcția de mașini, reduse
ITC	Indicatoare tarifare de calificare
NPM	Normative și ghid de protecția muncii în construcția de mașini
	MATERIALE DOCUMENTARE **în ajutorul proiectării și al producției**
	CERCETĂRI COMPLEXE DE INFORMARE ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ
CCIST-R și P	Cercetări retrospective și continui
SIDCM-A și B	Sistemul de informare documentară automatizat, pentru articole de revistă și brevete



Neferal

o garanție a calității

ÎNTREPRINDEREA METALURGICĂ NEFERAL
PRODUCE :

- Aliaje pe bază de cupru - bronzuri și alame pentru turnătorii;
- Aliaje pe bază de plumb, staniu, antimoniu pentru turnătorii și alte scopuri;
- Aliaje de lipit sub formă de bare, sîrmă sau tub cu pastă decapantă;
- Aliaje antifricțiune pentru lagăre;
- Aliaje tipografice,
- Aliaje pe bază de aluminiu pentru turnătorii;
- Aliaje de zinc pentru turnare sub presiune;
- Amestecuri de carburi dure gata de presare;
- Plăcuțe metalice din carburi dure pentru așchiere și produse sinterizate din carburi dure.

Întreprinderea Metalurgică Neferal poate fabrica aliaje neferoase, produse sinterizate din carburi metalice, precum și amestecuri de carburi dure gata de presare, la cerere.

Oferă totodată întreprinderilor din țară, care dețin materiale refolosibile cu conținut de metale neferoase, colaborări permanente de prelucrare a acestora în aliaje de metale neferoase pentru turnătorii, cu randamente de extracție al metalului optim, cu consumuri de energie și materiale auxiliare reduse și cu obținerea de prealiaje sau produse finite conform normelor de fabricație în vigoare (STAS, CS., etc.). Controlul pe tot parcursul de fabricație realizat cu aparatură modernă de analiză, atît chimic, cît și prin metode fizico-chimice (spectrale), reprezintă garanția calității.

A se adresa pentru relații la telefon direct conducerii 27.42.80 și 27.25.95, precum și birou PPUP, telefon 27.60.40/interior 274.

ÎNTREPRINDEREA METALURGICĂ NEFERAL, B-dul. BIRUINȚEI 100, SECTOR 2, BUCUREȘTI, COD 73951 — Tel. 276040 — Telex 11725

ORSZÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS
HÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR
1883

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI — OID—ICM

71102 Calea Victoriei Nr. 133, București, sector 1

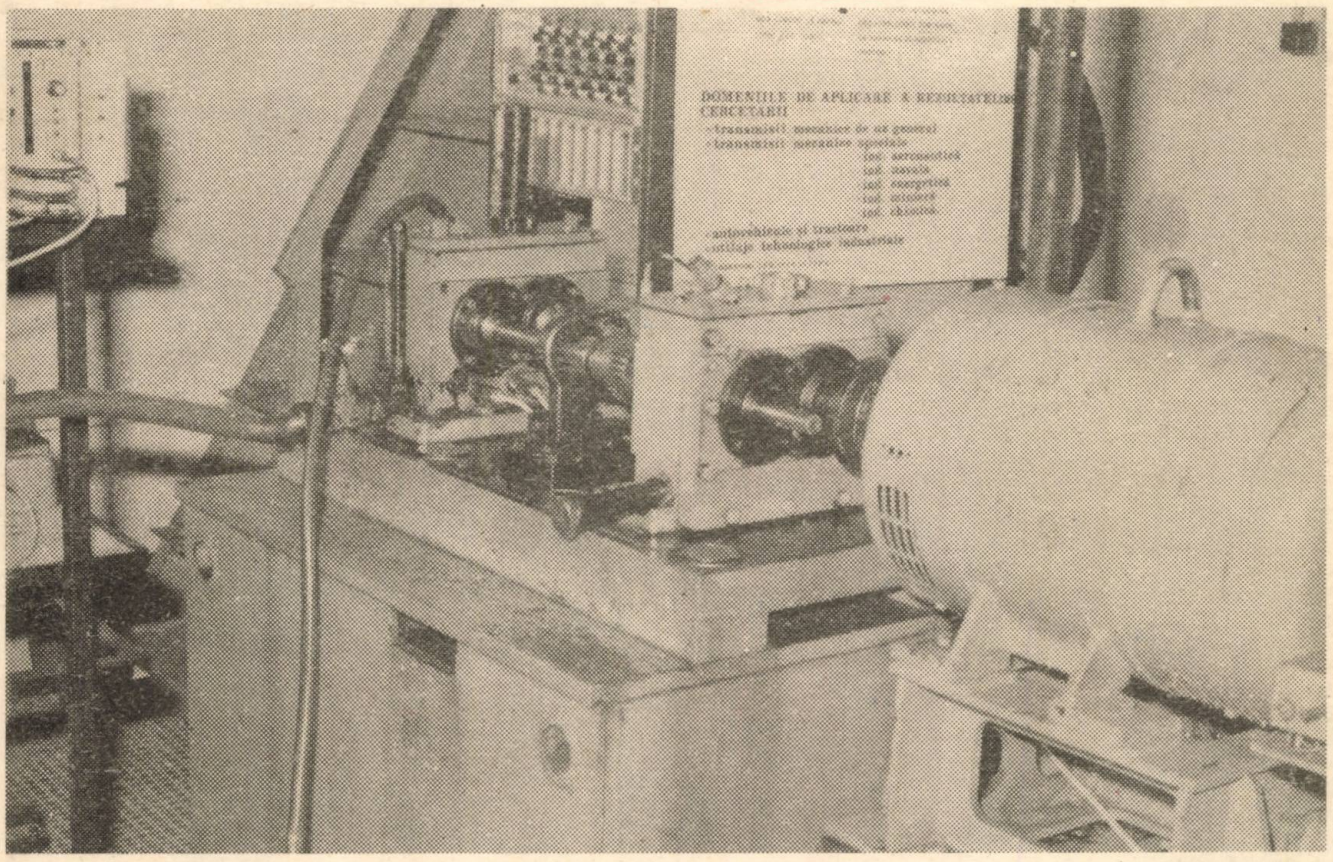
Telefon 50.31.30 Căsuța poștală 22-125

DESPRE PROGRESUL TEHNIC ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI DIN ȚARĂ ȘI STRĂINĂTATE VĂ PUTEȚI INFORMA PRIN :

- PUBLICAȚIILE OID—ICM
- DOCUMENTAREA CU CALCULATORUL (SISTEMUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI, SID—CM)

E 3279
Referálv
R 1988 OKT 1.

23 AUGUST



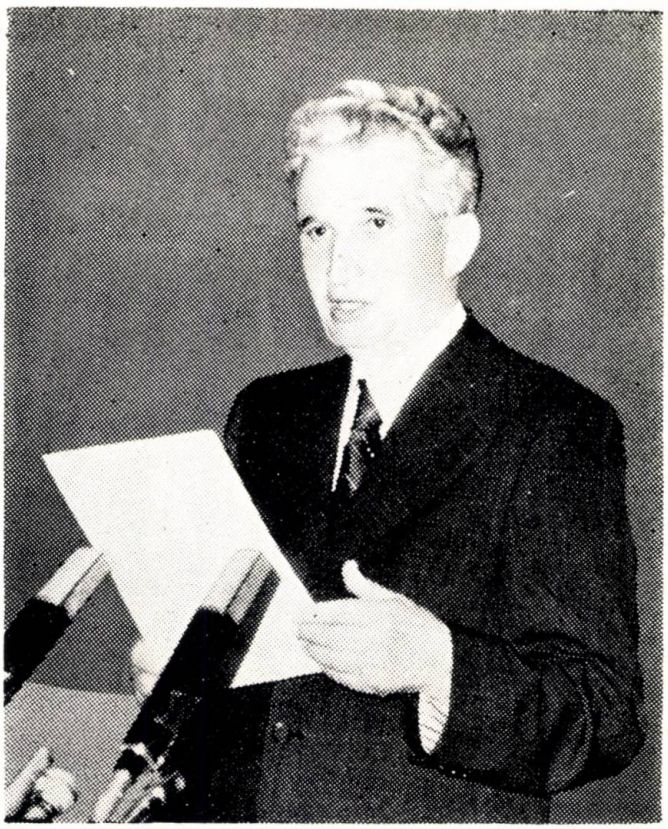
CONSTRUCTIA DE MASINI

ICTCM

Tehnologii şi utilaje pentru controlul şi atestarea calităţii şi fiabilităţii produselor

8

BUCUREŞTI ■ XXXX ■ AUGUST ■ 1988



MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁR INFORMÁCIÓS OSZTÁLYA

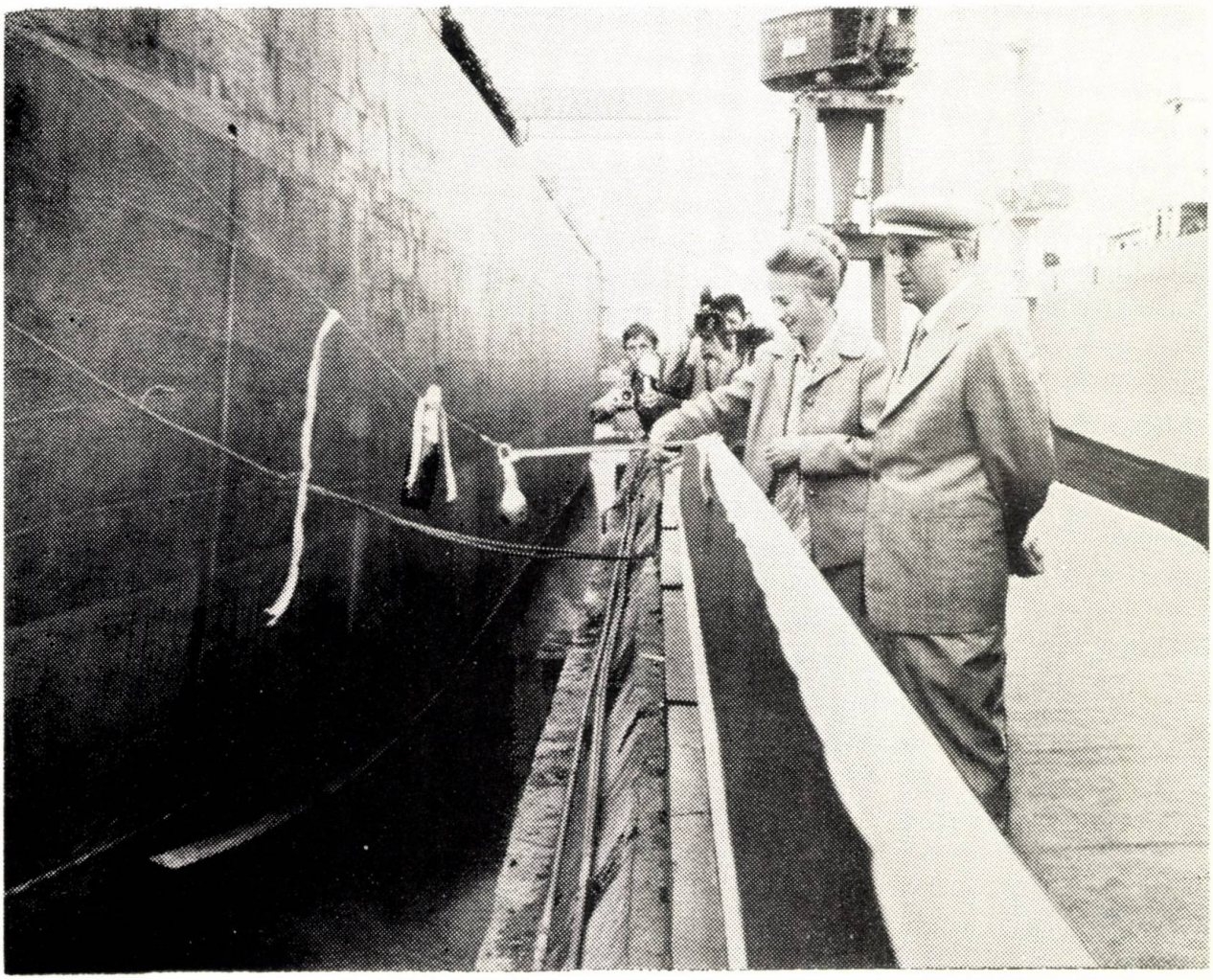
„Toate măreţele transformări revoluţionare din ţara noastră s-au realizat, după cum este bine cunoscut, sub conducerea permanentă a gloriosului nostru partid comunist, care şi-a îndeplinit şi îşi îndeplineşte cu cinste misiunea istorică de a conduce naţiunea noastră spre cele mai înalte culmi de progres şi civilizaţie.

O puternică dezvoltare au cunoscut ştiinţa, învăţământul, cultura, activitatea politico-educativă de formare a omului nou. Putem afirma cu îndreptăţită mîndrie că, în această perioadă istorică scurtă, ştiinţa românească, învăţământul, cultura au devenit o puternică forţă a progresului general al societăţii noastre".

Din : EXPUNEREA TOVARĂŞULUI NICOLAE CEAUŞESCU — din 24 iunie

Vizita de lucru a tovarăşului Nicolae Ceauşescu şi a tovarăşei Elena Ceauşescu în judeţul Tulcea

Vizita de lucru a tovarăşului Nicolae Ceauşescu împreună cu tovarăşa Elena Ceauşescu în mai multe unităţi din judeţul Constanţa



CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
EDITOR : OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ANUL XXXX, 8, august, 1988

CUPRINS

TEHNOLOGII ȘI UTILAJE PENTRU CONTROLUL ȘI ATESTAREA CALITĂȚII ȘI FIABILITĂȚII PRODUSELOR DIN DOMENIUL CONSTRUCȚIEI DE MAȘINI

Controlul calității produselor

PURI, G., PERJU, D., PUGNA, A. : **Analiza statistică a calității fabricației unor produse finite de complexitate mare, din producția de serie, cu ajutorul calculatoarelor de tip personal** 403

RĂDULESCU, GH., DOBRE, G., MIRICĂ, R., CICONE, T., BARBU, V. : **Comportarea vibroacustică-factor de bază al calității transmisiei cu roți dințate** 407

FILIP, A., NECȘOIU, V., GHERASIM, S., DRĂGHICI, I., ACHIRILOAIE, U.P., MITU, CARMEN : **SAC — concept și tehnologie în industria de rulmenți** 417

PURI, G., PUGNA, A., GHERESCU, C. : **Urmărirea calității reglajului mașinilor-unelte în producția de serie, cu ajutorul calculatoarelor de tip personal** 421

PERJU, D., PURI, G. : **Instalație și metodă pentru măsurarea bătăii radiale și axiale de la discurile contoarelor de energie electrică** 424

PURI, G., RUS, ANA : **Metodă și dispozitive pentru măsurarea abaterilor de la paralelism, la ghidaje cu bile** 426

Standuri și utilaje pentru controlul calității produselor

RĂDULESCU, GH., MIRICĂ, R.F., DOBRE, G., MUNTEAN, C. : **Diagnosticarea vibroacustică a transmisiilor cu roți dințate** 430

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului Științific al Institutului Central pentru Construcții de Mașini

Redactor șef : ing. Teodosia Oprescu
Redactor : Șerban Teodorescu
Coordonator : Dr. ing. Gabriela Crișan

PRODAN, GH., MUNTEAN, C., CIOCHIRCĂ, Cr., POPESCU, I., SINCĂ, R., TUDOR, A., LAZĂR, C., RACOLȚA, P., NICUȚI, A. : **Controlul și atestarea performanțelor mecanice ale uleiurilor minerale pe standul $a = 91{,}5$ mm** 434

PURI, G. : **Metodă și instalație de verificare a completelor de control activ din fabricația I.M.F. București** 439

PERJU, D., PURI, G., **Instalație și metodă pentru determinarea caracteristicilor traductoarelor termobimetalelor** 441

TUDOR, A., ILIE, F., CIOCHIRCĂ, C., SINCĂ, R. : **Metodologie privind testarea durabilității uleiurilor mi- traductoarelor termobimetalice** 443

VARGA, Ș., PERJU, D., PURI, G. : **Verificarea mecanismelor totalizatoare ale contoarelor monofazate de energie electrică** 447

*

* *

TOPAL, D. : **Modularea utilajelor și liniilor de montaj-etapă importantă în automatizarea flexibilă a montajului, p.I.** 451

ATTENTION !

Foreign readers can subscribe through ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex : 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ACHTUNG !

Ausländische Leser können sich abonnieren durch ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex : 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ATTENTION !

Les lecteurs étrangérs de la revue pourront prendre des abonaments par ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex : 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ВНИМАНИЕ !

Читатели иностранных стран могут абонироваться при ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex: 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

Revista „CONSTRUCȚIA DE MAȘINI", organ al Ministerului Industrei Construcțiilor de Mașini din Republica Socialistă România. Redacția la : Oficiul de informare documentară pentru industria construcțiilor de mașini, cu sediul în București, Calea Victoriei, 133, sector I, telefon 50.31.30 ; sau 59.71.35. Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament ICTCM, 30.16.7.01.01 B.N.—R.SR.. filiala sector IV sau prin mandat poștal la ICTCM, șos. Olteniței, nr. 105, București, sector 4, pentru revista „Construcția de mașini". Tarif : 150 lei anual. Costul unui exemplar : 12,50 lei Index D.E.P. 41023

Tiparul : Tipografia „Ploiești" str. Transilvaniei, nr. 29.

SUMARE

CZ : 62 : 338.062.18 : 681.31

Puri, G.,Perju, D., Pugna, A.: **Analiza satistică a calității fabricației unor produse finite de complexitate mare, în producția de serie, cu ajutorul calculatoarelor de tip personal**

În lucrare se prezintă un program de calculator pentru controlul satistic al fabricației unor produse finite de complexitate mare, produse în serie, exemplificat pe baza producției contoarelor monofazate de energie electrică, realizate la I.A.E.M. Timișoara. Metoda de control se bazează pe un sistem de indicatori de calitate de diverse nivele, asamblate într-un indicator de calitate agregat. Indicatorii se calculează pe baza rezultatelor probelor metrologice la care sînt supuse produsele urmărite. Programul permite compararea calității producției momentane, față de nivelul dorit, dînd în același timp indicații asupra zonelor din procesul de fabricație care au dus la scăderi ale nivelului calității.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 8, 2 fig., 2 ref. bibl.

CZ : 534 : 621.833

Rădulescu, Gh., Dobre, G., Mirică, R, Cicone, T., Barbu, V.: **Comportarea vibroacustică — factor de bază al calității transmisiei cu roți dințate**

Este evidențiată importanța deosebită pe care a căpătat-o, astăzi, considerarea caracteristicilor acustice, ca indici de calitate pentru transmisiile cu roți dințate. Sînt prezentate considerații fenomenologice și obiective ale cercetării proprii în acest domeniu.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 8, 13 fig., 28 ref. bibl.

CZ : 658.562

Filip, A., Necșoiu, V, Gherasim, S., Drăghici, I., Achiriloaie, V.P., Mitu, Carmen: **SAC — concept și tehnologie în industria de rulmenți**

Lucrarea tratează conceptele de „asigurare a calității" și sistem de asigurare a calității". Asimilînd sistemul de asigurare a calității — SAC — cu o tehnologie de asigurare a calității, lucrarea dezvoltă principii generale, obiective, privind conducerea și organizarea, planificarea, controlul de calitate, controlul activităților de proiectare, recepție materiale, produse și servicii, fabricație etc., totul conducînd la abordarea noțiunii de calitate a produselor ca o consecință directă a calității proceselor de elaborare a acestora.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 8, 3 fig., 11 ref. bibl.

CZ : 658.562 : 621.9

Puri, G., Pugna, A., Gherescu, C.: **Urmărirea calității reglajului mașinilor unelte în producția de serie, cu ajutorul calculatoarelor de tip personal**

Nevoia unei precizii de fabricație tot mai ridicate, a realizării unor loturi de piese conform documentației și cu rebuturi cît mai mici impune cerințe tot mai ridicate reglajului mașinilor unelte. În lucrare se propune un program de calculator, prin intermediul căruia se poate analiza reglajul mașinilor-unelte implicate în producția de serie, care permite stabilirea perioadelor optime la care trebuie refăcut reglajul mașinii, dar și o analiză a calității pieselor produse.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 8, 2 fig., 4 ref. bibl.

CZ : 658.562 : 621.317.78

Perju, D., Puri, G. : **Instalație și metodă pentru măsurarea bătăii radiale și axiale a discurilor contoarelor de energie electrică**

În lucrare se prezintă o instalație și o metodă de măsurare a bătăii axiale și radiale a discurilor contorului de energie electrică, precum și o serie de avantaje legate de reglarea simplă și precisă, folosirea comparatoarelor pneumatice cu precizie de măsurare ridicată și forță de măsurare mică, productivitate mare și preț de cost redus.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 8, 3 fig.

CZ : 53.083

Puri, G., Rus, Ana : **Metodă și dispozitive pentru măsurarea abaterilor de la paralelism, la ghidajele cu bile**

În lucrare sînt prezentate o metodă și două dispozitive pentru măsurarea abaterilor de la paralelism la ghidaje cu bile. Se fac, de asemenea, considerațiuni asupra erorilor de măsurare în cazul măsurării în trei, respectiv două puncte.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 8, 7 fig.

CZ : 534 : 629.113 : 621-585

Rădulescu, Gh., Mirică, R.F., Dobre, G., Muntean, C.: **Diagnosticarea vibroacustică a transmisiilor cu roți dințate**

Parametrii principali de diagnosticare (abateri tehnologice și funcționale) pot fi identificați în spectrele de frecvențe ridicate în bandă îngustă. Se prezintă aspecte privind analiza efectuată cu scopul găsirii de soluții pentru îmbunătățirea comportării vibroacustice a cutiilor de viteze de autocamioane.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 8, 8 fig., 12 ref. bibl.

CZ : 621.892.2

Prodan, Gh Muntean, C., Ciochircă, Cr., Popescu, I., Sincă, R., Tudor, A., Lazăr, C., Racolța, P., Nicuți A.: **Controlul și atestarea performanțelor mecanice ale uleiurilor minerale pe standul $a = 91{,}5$**

Se prezintă aplicarea legii de activare a peliculelor de ulei, în vederea testării calităților de anti-uzură ale uleiurilor minerale românești, în scopul reducerii consumurilor de lubrifianți în transmisiile mecanice uzuale.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 8, 4 fig., 2 tab., 6 ref. bibl.

CZ : 621.753

Puri, G.: **Instalație și metodă pentru verificarea completelor de control activ din fabricația I.M.F. București**

În lucrare se prezintă o metodă de verificare a completelor de control activ utilizate la mașini unelte și instalația de verificare aferentă. Instalația poate fi folostă la verificarea acestor complete atît inițial, după fabricare, cît și de către întreprinderile utilizatoare în cadrul verificărilor periodice.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 8, 2 fig.

CZ : 621.314.1

Perju, D., Puri, G.: **Instalație și metodă pentru determinarea caracteristicilor traductoarelor termobimetalice**

În lucrare se prezintă o instalație și o metodă de determinare a caracteristicilor traductoarelor termobimetalice, care permit determinarea deformației și forței dezvoltate de termobimetal, la diferite temperaturi și deformații. Instalația și metoda sînt utile întreprinderilor care fabrică astfel de traductoare pentru diverse aplicații industriale sau pentru instalații de automatizare.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 8, 2 fig., 1 ref. bibl.

CZ : 658.562 : 621.317.78

Perju, D., Varga, Șt., Puri, G.: **Verificarea mecanismelor totalizatoare ale contoarelor monofazate de energie electrică**

În lucrare se prezintă un aparat și o metodă de verificare a mecanismelor totalizatoare ale contoarelor de energie electrică, bazată pe compararea momentului rezistent al mecanismului cu momentul corespunzător unor forțe magnetice ce apar între un inductor magnetic rotativ și cîmpul magnetic aferent curenților turbionari generați într-un indus masiv. În partea a doua a lucrării se prezintă o instalație industrială de verificare a mecanismelor totalizatoare, cu 24 de posturi de lucru, și metode de lucru aferente.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 8, 7 fig., 5 ref.

CONTENTS

DC : 62 : 338.062.18 : 681.81

Puri, G., Perju, D., Pugna, A.: **A statistic home-computer analysis of manufacturing quality for high-complexity finished articles**

The paper presents a computer-programme for statistic manufacturing control of high-complexity finished articles. The examples are given on the basis of manufacturing process for electric energy mono-phased-counters, deviced at I.A.E.M. Timişoara. The control method is based upon a system of quality-indicators of various levels, assembled into a quality indication installation. The indicators are to be calculated on the support of the results of metrological samples of the tracked pieces subdued to tests. The programme permits the comparison between the quality of the momentary productoin and the previous period or the level wanted. At the same time it points the zones of the manufacturing process that have lead to lowerings of the quality level.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 2 Figs., 2 Paps.

DC : 534 : 621.833

Rădulescu, Gh., Dobre, G., Mirică, R, Cicone, T., Barbu, V,: **Vibrational and acoustical behaviour, a main factor for gear grives quality**

It is underlined the ever growing importance reached nowadays as regards the consideration of the acoustical characteristics, as a quality performance rating of gear drives. There are presented the phenomenological and objective considerations of the appopriate research performed in this field.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 13 Figs., 28 Paps.

DC : 658.562

Filip, A., Necşoiu, V, Gherasim, S., Drăghici, I., Achiriloaie, V.P., Mitu, Carmen: **SAC — concept and technology in ball bearings industry**

The paper presents the „quality assurance" and „the quality assurance system" concepts.

By assimilating the quality assurance system — SAC — with a quality assurance technology, the paper paper develops general principles, up to the point, as develops general quality assurance technology, the regards the management, the organization, the planification, the quality control, the control of the design activities, of the materials, products and services as well as the manufacturing acceptance, everything leading to the approach of the products quality concept, as a direct consequence of the quality of their manufacturing processes .

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 3 Figs., 11 Paps.

DC : 658.562 : 621.9

Puri, G., Pugna, A., Gherescu, C.: **Tracing the quality of machine-tool adjustment with home-computers in the large scale production**

The increasing need of manufacturing accuracy for working out pieces according to the reference material and with rejects as low as possible imposes more and more requirements upon the adjustment of machine-tools. The paper proposes a computer-programme by which one can analyse the adjustment of machine-tools working in large-scale production. The programme also permits setting the optimum-periods when the adjustment of the machine-tool has to be done again, and furthermore a quality-analyse of the produced pieces.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 2 Figs., 4 Paps.

DC : 658.562 : 621.317.78

Perju, D., Puri, G.: **A device and a method for determining the radial and axial beating of the electric energy counter disks**

The paper presents a device and a method for determining the axial and radial beating of electric energy disks. The method and the device offer a series of advantages like a simple and precise innitial setting, a precise use of pneumatic comparators with high measuring accuracy and small measuring force, high average and reduced cost price.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 3 Figs.

DC : 53.083

Puri, G., Rus, Ana: **A method and a device for measuring the deviations from parallelity at ball-steerings**

The paper presents a method and two devices for measuring the deviations from parallelity at ball-steerings. Some considerations are also made upon the measuring errors when measurng in three, respectively two points.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 7 Figs.

DC : 534 : 620.113 : 621-535

Rădulescu, Gh., Mirică, R.F., Dobre, G., Muntean, C.: **Vibrational and acoustical diagnostic for gear drives**

The main diagnostic parameters (technological and operational deviations) may be identified in the narrow bands with high frequency spectra. There are presented aspects as regards the analysis performed in order to find solutions for an improved vibratiònal and acoustical behaviour of the trucks gearboxes.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 8 Figs., 12 Paps.

DC : 621.892.2

Prodan, Gh Muntean, C., Ciochircă, Cr., Popescu, I., Sincă, R., Tudor, A., Lazăr, C., Racolţa, P., Nicuţi A.: **Control and attestation of the mechanical performances for the mineral oils on the Q= 91,5 mm stand**

The application of the activation law for oil films in order to test the Romanian mineral oils anticorrosive qualities with view to lubricants consumption reduction when used in works mechanical transmissions.

Construcţia de maşini, 40 (1963), Nr. 8, 4 Figs., 2 Tabs., 6 Paps.

DC : 621.753

Puri, G.: **A device and a method for checking the active control equippment manufactured by I.M.F. Bucharest**

The paper presents a checking of the method of the active control equippment used at machine-tools and the corresponding checking-device. The device can be used for checking these active control equippments both initially, after they have been manufactured and later on, during the periodical checks by companies using the active control equippments.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 2 Figs.

DC : 621.314.1

Perju, D., Puri, G.: **An outfit and a method for determining the characteristics of thermobimetallic transductors**

This paper presents an outifit and a method for determining the charactheristics of thermobimetallic transductors, which permit both determining the strain and the force developed by the thermobimetal, in variation of temperature and strain. The outfit and the method are useful to companies that manufacture such transductors for various industrial applications or for automation installations.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 2 Figs., 1 Paps.

DC : 621.892 : 620.1

Tudor, A., Ilie, F., Ciochircă, C., Sinca, R.: **Test methodology for mineral oil life, when used in mechanical transmissions**

There are presented the experimental researches, performed in order to analyse the tribological performances of the mineral oils used in our country, in order to be able to establish the optimum time between two replacements.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 5 Figs., 5 Paps.

SOMMAIRES

CD : 62 : 338.062.18 : 681.31

Puri, G., Perju, D., Pugna, A. : **L'analyse statistique de qualités de la fabrication des produits finites de grande complexité dans la production de série à l'aide des calculateurs de type personelle**

Dans cet ouvrage on présente un programme de calculateur pour le control statistique de fabrication des produits finites de grande complexité produites en série, exemplifié à l'aide des production des compteurs monofasés d'énergie electrique à I.A.E.M. Timişoara. La méthode de control est basée sur un systeme d'indicateurs de qualité aux divers niveaux assemblées dans un indicateur de qualité agregat. Les indicateurs sont calculés d'après les résultats des probes métrologique des produits. Le programme permet la comparaison des qualités de la production momentane vis-à-vis de la periode antérieure ou de niveau désiré, indiquer aussi les zones du procès de fabrication qui on réduit le niveau de la qualité.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 8, 2 fig., 2 réf. bibl.

CD : 534 : 621.833

Rădulescu, Gh., Dobre, G., Mirică, R, Cicone, T., Barbu, V. : **Le comportement vibroacoustique — un facteur de base de la qualité de la transmission à roues**

Dans l'article est evidentié la grande importance prise par la considération des caractéristiques acoustiques comme indices de qualite pour les transmissions de roues dentées. Aussi sont presentées des considératons phenomenologiques et objectives de la recherche propre dans ce domaine.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 8, 13 fig., 28 réf. bibl.

CD : 658.562

Filip, A., Necşoiu, V, Gherasim, S., Drăghici, I., Achiriloaie, V.P., Mitu, Carmen : **SAC — concept et technologie dans l'industrie des roulments**

On présente les concepts „d'assurance de la qualité" et „le système d'assurance de la qualité". En assimilant le système d'assurance de la qualité — SAC — à une technologie d'assurance de la qualité, l'article developpe les principes générals, objectifs en ce qui concerne la direction et l'organisation, la planification, le contrôle de qualitéè le contrôle des activités de projection, de réception des matériaux des produits et des services de la fabrication etc. Tous ces activités doivent conduire à l'abordation de la notion de qualité des produits, comme une conséquence directe de la qualité de ses processus comme élements composants.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 8, 3 fig., 11 réf. bibl.

CD : 658.562 : 621.9

Puri, G., Pugna, A., Gherescu, C. : **Poursuite de la qualité du réglage des machines-outils dans la production de serie, à l'aide des calculateurs de type personelle**

La necessité de fabrication de plus en plus elevée, de la réalisation des pièces conformement à la documentaton et avec des rebuts reduits, impose l'étude du réglage des machines-outils. On propose un programme de calculateur qui aide l'analyse du réglage des machines outils impliquées dans la production de série qui pusse permet l'etablissement des périodes optimes aux quelles doit être refaire le réglage de la machine et aussi l'analyse des qualités des piéces produites.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 8, 2 fig., 4 réf. bibl.

CD : 658.562 : 621.317.78

Perju, D., Puri, G. **Installation et methode pour determiner l'excentricité et le foulage des disques des compteurs d'énergie électrique**

Dans cet ouvrage on présente une installation et une méthode de mesure de l'excentricité et du foulage des disques de compteurs d'énérgie électrique qui a une série d'avantages en ce qui concerne le réglage simple et précis, l'emploi des comparateurs pneumatiques à précision de mesure élevée et force de mesure réduite à haute productivité et à prix réduit.

Construcţia de maşini,. 40 (1988), no. 8, 3 fig.

CD : 53.083

Puri, G., Rus, Ana : **Méthode et dispositives pour la mesure des déviations produites du paralélisme aux guidages aux billes**

Dans cet ouvrage se presente une méthode et deux dispositives pour la mesure des déviations produites du paralélisme au guidage aux billes. On discute aussi les erreurs de mesure quand on mesure en troi ou ,deux points.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 8, 7 fig.

CD : 534 : 629.113 : 621-585

Rădulescu, Gh., Mirică, R.F., Dobre, G., Muntean, C. : **Diagnose vibroacoustique des transmissions à roues dentées**

Les principaux paramètres de diagnose (déviation technologique et functionnelles) peuvent être identifiés dans les spectres de fréquences élevées, en bande étroite. On présente des aspects concernant l'analyse éfectuée pour trouver des solutions pour l'amélioration du comportement vibroacoustique des boîtes de vitesse des autocamions.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 8, 8 fig., 12 réf. bibl.

CD : 621.892.2

Prodan, Gh Muntean, C., Ciochircă, Cr., Popescu, I., Sincă, R., Tudor, A., Lazăr, C., Racolţa, P., Nicuţi A. : **Le contrôle et attestation des peformances mécaniques des huilles minérales sur le stand $q = 91{,}5$ mm**

L'article analise l'application de la loi d'activation des pellicules d'huille pour tester la qualité d'anti-usure des huilles minérales roumaines, pour reduire les consommations des lubrifiants dans les transmissions mecaniques usuelles.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no, 8, 4 fig., 2 tab., 6 réf. bibl.

CD : 621.753

Puri, G. : **Installation et méthode pour la vérification des complets de control actif de fabrication I.M.F. Bucureşti**

Dans cet ouvrage on presente une methode de verification des complets de control actif utilisée aux machines outils et installation de vérification aferente. L'installation peut être utilisée à la vérification de ces complets, initial, d'après la fabrication, et aussi par les entreprises outilisateurs pour les vérifications periodiques.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 8, 2 fig.

CD : 621.314.1

Perju, D., Puri, G. : **Installation et methode pour determiner les caracteristiques des traducteurs thermobimetalliques**

Dans cet ouvrage sont présentées une installation et une méthode de déterminer les caractéristiques des traducteurs thérmobimétalliques qui permettent la détermination de la déformation et aussi de la force développée par le thermobimétal en fonction de la température et de la déformation. L'installation et la méthode sont utiles aux entreprises qui fabriquent ces traducteurs pour diverses applications industrielles ou pour des installations d'automatisation.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 8, 2 fig., 1 réf. bibl.

INHALTSVERZEICHNIS

DK : 62 : 338.062.18 : 681.31

Puri, G., Perju, D., Pugna, A.: **Statistische Analyse der Qualität der Fertigerzeugnisse mit grosser Complexität in der Serienfabrikation mit hilfe von Personalkomputern**

In der Arbeit wird ein Programm für PC zur statistischen Kontrolle der Fabrication von Fertigerzeugnissen, auf Grund eines Beispiels von Einphasenzählern des Types I.A.E.M. Timişoara, vorgestellt. Die Methode basiert auf einem System von Qualitätsindikatoren verschiedener Niveaus und einem globalen Qualitätsindikator. Die Indikatoren werden auf Grund der Ergebnisse der metrologischen Prüfung der Einphasenzähler berechnet und geben die Möglichkeit den Stand der Qualität gegenüber dem gewünschten Niveau, oder dem vorigen Stand der Qualität zu beobachten.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 2 Fig., 2 Lit.

DK : 534 : 621.833

Rădulescu, Gh., Dobre, G., Mirică, R, Cicone, T., Barbu, V.: **Vibroakustisches Verhalten als Grund- und Technologie in der Kugellangerindustrie**

Der Beitrag hebt die Bedeuntung der akustischen Kenngrössen als Qualitötskenngrössen der Zahnradgetrieben hervor. Es werden objektive Betrachtungen der eigenen Farschung auf diesem Gebiet dargestellt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 13 Fig., 28 Lit.

DK : 658.562

Filip, A., Necşoiu, V, Gherasim, S., Drăghici, I., Achiriloaie, V.P., Mitu, Carmen: **SAC — Konzept und Technologie in der Kugellangerindustrie**

Der Beitrag befasst sich mit den Begriffen „Qualitätssicherung" und „Qualitätssicherungssystem". Es werden allgemeine, objektive Prinzipien der Organisierung und Leitung, Planung, Qualitätskontrolle, Kontrolle der Projektierung, Ausführung u.sw. dargestellt. So wird der Begriff der Qualität der Erzeugnisse als eine direkte Folge der Qualität der Ausführungsprozesse derselben betrachtet.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 3 Fig., 11 Lit.

DK : 658.562 : 621.9

Puri, G., Pugna, A., Gherescu, C.: **Anwedung von Personalcomputern zum Verfolgen der Arbeitsvorganges von Werkzeugmaschinen**

Die immer höhere Präzision mit der die Werkzeugmaschinen arbeiten müssen stellt immer grossere Ansprüche an deren Regelung. In der Arbeit wird ein Programm für Personalcomputer vorgestellt, mit Hilfe dessen die Regelung der Werkzeugmaschinen die in Serienproduktion arbeiten analysiert werden kann. Gleichfalls können die Zeitspannen nach denen die Regelung widerholt werden muss, bestimmt werden.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 2 Fig., 4 Lit.

DK : 658.562 : 621.317.78

Perju, D., Puri, G.: **Anlage und Verfahren zum bestimmen des radialen und axialen Auschlages der Scheiben von Einphasenzählern für elektrische energie**

In der Arbeit wird eine Anlage und ein Verfahren zum Messen des radialen und axialen Ausschlages der Scheiben der Einphasenzähler für elektrische Energie, vorgestellt. Die Anlage hat eine Anzahl von Vorteilen in Bezug auf einfache und präzise Regelung, Anwendung von pneumatische Messzeugen mit grosser Präzision und kleinen Messkräften, grosse Produktivität und niedrigem Preis.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 3 Fig.

DK : 53.063

Puri, G., Rus, Ana: **Verfahren und Vorrichtungen zum Messen der Abweichungen von dem Parallelismus bei Kugelführungen**

In der Arbeit wird ein Verfahren und zwei Vorrichtungen zum Messen der Abweichungen von dem Parallelismus bei Kugelführungen vorgestellt. Es werden gleichfalls auch Bemerkungen über die Messfehler beim Messen mit drei oder zwei Tastpunkten angeführt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 7 Fig.

DK : 534 : 629.113 : 621-585

Rădulescu, Gh., Mirică, R.F., Dobre, G., Muntean, C.: **Diagnose der Zahnradgetrieben mittels akustische Schwingungen**

Die wichtigsten Diagnose-kenngrössen (technologische — und Funktionsabweichungen) können in den Hochfrequenzspektren im Schmalband identifiziert werden. Es werden Aspekte der durchgeführten Analyse zwecks Auffinden von Lösungen für die Verbesserung des vibroakustischen Verhaltens der Lastwagengetriebekästen gezeigt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 8 Fig., 12 Lit.

DK : 621.892.2

Prodan, Gh Muntean, C., Ciochircă, Cr., Popescu, I., Sincă, R., Tudor, A., Lazăr, C., Racolţa, P., Nicuţi A.: **Überprüfung und Bestätigung der mechanischen Leistungen der Mineralöle auf dem Stand $a=91{,}5$ mm**

Der Beitrag stellt die Anwendung der Aktivierung der Ölfilme zwecks Überprüfung der verschleisshemmenden Eigenschaften der rumänischen Mineralöle zwecks Reduzierung des Schmiermittelverbrauchs der üblichen mechanischen Getriebe dar.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 4 Fig., 2 Taf., 6 Lit.

DK : 621.753

Puri, G.: **Anlage und Verfahren zum Prufen der Geräte zur aktiven Kontrolle Typ I.M.F. Bucureşti**

In der Arbeit wird eine Methode zum Prüfen der Geräte für aktive Kontrolle, die bei Werkzeugmaschinen angewendet werden, sowie die dazugehörende Anlage, vorgestellt. Die Anlage kann zum Prüfen dieser Geräte sowohl gleich nach der Herstellung, sowie auch von den Betriezben die solche Geräte gebrauchen zum deren periodischen Prüfen, angewendet werden.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 2 Fig.

DK : 621.314.1

Perju, D., Puri, G.: **Anlage und Verfahren zum Bestimmen der Kennwerte von Thermobimetallen**

In der Arbeit wird eine Anlage und ein Verfahren zum Bestimmen der Kennwerte von Thermobimetallen, welche sowohl die Bestimmung der Verformung sowie die von dem Thermobimetall erzeugte Kraft in Funktion von Temperatur und Verformung ermöglicht, vorgestellt. Die Anlage und das Verfahren kann in Betrieben welche Umwandler dieser Art für industrielle Anwendungen oder Automatisierungslagen herstellen, angewendet werden.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 2 Fig., 1 Lit.

DK : 621.892 : 620.1

Tudor, A., Ilie, F., Ciochircă, C., Sinca, R.: **Testen der Lebensdauer der Mineralöle für mechanische Getriebe**

Der Beitrag stellt die Versuche zwecks Analyse der technologischen Leistungen der innländischen Mineralöle zwecks Festlegung der optimalen Zeitspanne zwischen zwei Ersatzvorgängen dar.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 8, 5 Fig., 5 Lit.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК: 62: 338,062.18: 681.31

Пури, Г., Пержу, Д., Пугна, А.: *Статистический анализ качества производства некоторых заготовок высокой сложности серийного производства, с помощью микровычислителя*

Представлена программа вычислителя для статистического контроля производства заготовок высокой сложности серийного производства. Для примера представлена программа производства однофазного счётчика электрической энергии в I.A.E.M. Тимишоара. Контрольный метод основан на системе качественных показателей различных уровней, включённых в интегрирующем качественном показателе агрегата. Показатели расчитаны на основе резюльтатов метрологических испытаний исследованных заготовок. Программа позволяет сравнивать качество полученного производства по сравнению с прежним или ожидаемым уровнем. Одновременно указаны неполадки ведущих к снижению качества.

Constructia de maşini, 40 (1988), н. 8, 2 рис., 2 лит.

ДК: 534: 621.833

Рэдулеску, Г., Добре, Г., Мирикэ, Р., Чиконе, Т., Барбу В.: *Виброакустическое поведение — основной фактор качества для зубчатой передачи*

Представлено особенное значение акустических параметров как показатели качества для зубчатых перераметров как показатели качества для зубчатых передач. Представляются феноменологические и объективные аспекты произведенного исследования в данной области.

Constructia de maşini, 40 (1988), н. 8, 13 рис., 28 лит.

ДК: 658.562

Филип, А., Некшою, В., Гераснм, С., Дрэгич, И., Акирилоане, П., Минту, Кармен: *SAC — Концепт и технология в промышленности подшипников*

Статья представляет концепты «обеспечения качества» и «системы обеспечения качества». Приравняя систему обеспечения качества (SAC) к технологии обеспечения качества, представляются генеральные объективные принципы управления, организации и планирования. Также описаны принципы контроля проектирования и получения материалов и изделий, как и принципы обслуживания и производства. Было разработано понятие качества изделий как прямой результат качества производства.

Constructia de maşini, 40 (1988), н. 8, 3 рис., 11 лит.

ДК: 658.562: 621.9

Пури, Г., Пугна, А., Гереску, К.: *Контроль регулировки станков для серийнего производства, с помощью микровычислителей*

Для обеспечения высокой точностью производства и удаления браков, также для выпуска деталей согласно технической документации, необходимо совершенствовать процесс регулировки станков. Представлена вычислительная программа которая позволяет рассматривать регулировку станков серийного производства. Данная программа позволяет также определить оптимальные периоды осуществления контроля регулировки станков, одновременно с определением качества произведенных деталей.

Constructia de maşini, 40 (1988), н. 8, 2 рис., 4 лит.

ДК: 658.562: 621.317.78

Пержу, Д., Пури, Г.: *Устройство и метод для измерения радиального и аксиального биений дисков счётчика электроэнергии*

Описаны устройство и метод измерения аксиального и радиального биения дисков счётчика электроэнергии. Описанное устройство представляет некоторые преимущества, а именно: легкое и точное регулирование, употребление пневматических компараторов с повышенной точностью и низкой употребляемой мощностью измерения, с высокой производительностью и низкой стоимостью.

Constructia de maşini, 40 (1988), н. 8, 3 рис.

ДК: 53.083

Пури, Г., Рус, Ана: *Метод и приспособления для измерения от параллельности у шариковых направляющих*

Представлены один метод и два приспособления для измерения отклонений от параллельности у шариковых направляющих. Также рассмотрены погрешности в течение процесса измерения в трёх, или двух точках.

Constructia de maşini, 40 (1988), н. 8, 7 рис.

ДК: 534: 629.113: 621—585

Рэдулеску, Г., Мирикэ, Р.Ф., Добре, Г., Мунтеан, К.: *Виброакустическая диагностика передачи зубчатыми колесами*

Представлены основные параметры диагностики (технологических и функциональных) отклонений по спектру повышенных частот на узкой полосе. Преставлены аспекты разработки относительно к виброакустической работе коробки передач грузовых автомобилей.

Constructia de maşini, 40 (1988), н. 8, 8 рис., 12 лит.

ДК: 621.892.2

Продан, Г., Мунтеан, К., Чеокиркэ, Кхр., Попеску, И., Синкэ, Р., Тудор, А., Лазэр, К., Раколца, П., Никуци, А.: *Проверка и утверждение механических качеств минерального масла на стэнде a=91,5 мм*

Представлено применение закона аткивации плёнок масла с целью испытания износостойкости румынского минерального масла для снижения расходов смазки у обыкневенных механических передач.

Constructia de maşini, 40 (1988), н. 8, 4 рис., 2 таб., 6 лит.

ДК: 621.753

Пури, Г.: *Оборудование и метод проверки составов активного контроля в производстве I.M.F. — Бухарест*

Статья представляет метод проверки составов активного контроля станков и соответствующую установку для проверки. Установка предназначена для проверки данных составов первоначально, после их выпуска: также, установку могут употреблять предприятия во время периодических проверок.

Constructia de maşini, 40 (1988), н. 8, 2 рис.

ДК: 621.314.1

Пержу, Д., Пури, Г.: *Установка и метод для определения характеристик термобиметаллических датчиков*

Представляются установка и метод для определения характеристик термобиметалических датчиков, которые позволяют определить искривление и силу термобиметалла при различных температурах и искривлениях. Также установка как и данный метод использованы предприятиями производящими таких датчиков для различного применения в промышленности или для установок автомтизации.

Constructia de maşini, 40 (1988), н. 8, 2 рис.

CZ : 621.892 : 620.1

Tudor, A., Ilie, F., Ciochircă, C., Sinca, R.: **Metodologie privind testarea durabilității uleiurilor minerale destinate transmisiilor mecanice**

Sînt prezentate cercetările experimentale efectuate pentru analiza performanțelor tribologice ale uleiurilor minerale din țara noastră, pentru a se putea stabili perioada optimă între două înlocuiri.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 8, 5 fig., 5 ref. bibl.

CZ : 621-52 : 625.44

Topal, D.: **Modularea utilajelor și liniilor de montaj, etapă importantă în automatizarea flexibilă a montajului (partea I)**

În lucrare se analizează modalitățile de introducere progresivă a flexibilității în sistemul montajului prin : modularea sistemului de comandă, modularea instalațiilor de asamblare mecanică din montajul propriuzis și modularea periferiei montajului și realizarea unui sistem automat flexibil integrat.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 8, 7 fig., 11 ref. bibl.

DC : 658.562 : 621.317.78

Perju, D., Varga, Șt., Puri, G.: **Checking the totalizing mechanisms of monophased electric energy counters**

The paper presents a device and a checking method for totalizing mechanism of electric energy counters, based upon the comparison of the resisting moment with the corresponding moment of some magnetic forces occurring between a magnetic wheeling inductors and the magnetic field adherent to the turbionar currents generated in massive armature. In the second part of the paper the authors present an industrial installation for checking the totalizing devices that has 24 workingstations and the adherrent working-methods.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 8, 7 Figs., 5 Paps.

DC : 621-52 : 625.44

Topal, D.: **Assembly equipments and lines modules design an important stage within flexible assembly automation, p. I**

The paper analyses the flexibility progresive implementation ways within the assembly system by modules designing of the control system, of the mechanical assembly in the proper assembly field, of the assembly periphery as well as the ways to achieve an integrated flexible automate system.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 8, 7 Figs., 11 Paps.

CD : 621.892 : 620.1

Tudor, A., Ilie, F., Ciochircă, C., Sinca, R.: **Methodologie en ce qui concerne l'éssai de la durabilité des huilles minérales destinées aux transmissions mécaniques**

Dans l'article sont prsentées les recherches expérimentelles effectuées pour l'analyse des performances technologiques des huilles minérales de notre pays pour établir la période optime entre deux remplacements.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 8, 5 fig., 5 réf. bibl.

CD : 658.562 : 621.317.78

Perju, D., Varga, Șt., Puri, G.: **Vérification des mecanismes totalisateurs des compteurs d'energie electriques**

Dans cet ouvrage sont présentées un appareil et une méthode de vérifcation des mécanismes totalisateurs des compteurs d'enérgia électrique, fondés sur la comparaison du moment antagoniste du mécanisme avec le moment qui correspond aux forces magnétiques se trouant entre un inducteur magnétique rotatif et un champ magnétique qui correspond aux courants tourbillonnaires produits dans un induit massif. Dans la deuxième partie de cet ouvrage est présentée une installation industrielle de vérification des mécanismes totalisateurs avec 24 postes de travail et méthodes de travail afférentes.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 8, 7 fig., 5 réf. bibl.

CD : 621-52 : 625.44

Topal, D.: **La construction modulée des outillages et des lignes de montage — une étape importante dans l'automatisation flexible du montage (I-partie)**

On analyse les modalités d'introduction progressive de la flexibilité dans le système du montage par : la construction modulée du système de commande, des installations d'assemblage mécanique dans le montage proprement dit et dans la périphérie du montage.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 8, 7 fig., 11 réf. bibl.

DK : 658.562 : 621.317.78

Perju, D., Varga, Șt., Puri, G.: **Prüfen der Zahlwerke von Einphasenzalern für elektrische Energie**

In der Arbeit wird ein Apparat und eine Methode zum Prüfen der Zählwerke von Einphasenzählern für elektrische Energie vorgestellt. Der Apparat vergleicht den Widerstandsmomment des Zählwerkes mit dem Momment der magnetischen Kräfte die zwischen einem magnetischen Drehinduktor und dem magnetischen Feld der Wirbelströme die in einem masiven Anker erscheinen. Imzweiten Teil der Arbeit wird eine industrielle Anlage zum Prüfen der Zählwerke mit 24 Arbeitsposten und die dazugehörende Anlage vorgestellt.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 8, 7 Fig., 5 Lit.

DK : 621-52 : 625.44

Topal, D.: **Das Baukastensystem der Montageausrüstungen und Linien als wichtiger Schritt zur flexiblen Montage — Automatisierung**

Der Beitrag analysiert die Möglichkeiten der schrittweissen Einführung der Flexibilität in das Montagesystem durch eine moduläre Konstruction des Steuersystems, der Anlagen für mechanischen Zusammenbau in der eigentlichen Montage und der Montageperipherie, sowie durch Realisierung eines automaten flexiblen eingebauten System.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 8, 7 Fig., 11 Lit.

ДК: 621.892: 620.1

Тудор, А., Илие, Ф., Чёкиркэ, К., Синкэ, Р.: *Методология испытания долговечности минерального масла для механической передачи*

Представлены экспериментальные опыты для определения эксплутационных качеств минерального масла нашей страны с целью определения оптимального периода между заменами масла.

Construcția de mașini, 40 (1988),
н. 8, 5 фиг., 5 лит.

ДК: 658.562: 621.317.78

Тудор, А., Илие, Ф., Чёкиркэ, К., Синкэ, Р.: *Методолоющих механизмов однофазных счётчиков электроэнергии*

Представляются приспособление и способ проверки суммирующих механизмов счётчиков электроэнергии. Метод состоит из сравнивания момента сопротивления механизма с моментом напряжённости магнитного поля, которые возникают между ротором и магнетическим полем соответственным вихревым потокам генерированым массивным якорем. Во второй части работы представлено промышленное устройство для проверки суммирующих механизмов с 24 рабочими постами и соответствующими рабочими методами.

Construcția de mașini, 40 (1988),
н. 8, 7 рис., 5 лит.

ДК: 621—52: 625.44

Топал, Д: *Модульная конструкция оборудования и сборочных линий—значительный этап внедрения гибкой автоматизации сборки (первая часть)*

Представлены методы прогрессивного внедрения гибкой системы сборки, а именно путём внедрения модульной конструкции системы управления установок, механической сборки, периферийных элементов сборки, а также осуществления интегрированной автоматичной гибкой системы.

Construcția de mașini, 40 (1988),
н. 8, 7 рис., 11 лит.

CZ : 62 : 338.062.18 : 681.31

Analiza statistică a calității fabricației unor produse finite de complexitate mare, din producția de serie, cu ajutorul calculatoarelor de tip personal

Dr. ing. Gerhard PURI, dr. ing. Dan PERJU, ing. Adrian PUGNA — Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara

Introducere

Ridicarea calității produselor fiind o condiție esențială pentru creșterea eficienței economice și participării la circuitul mondial de valori materiale, societatea contemporană trăiește o permanentă competiție pentru calitate.

În general, asigurarea calității produselor într-o întreprindere este o problemă cu largi implicații economice, deoarece beneficiarii sînt interesați, în primul rînd, de calitate și fiabilitate, urmărind în același timp un preț de cost cît mai convenabil, în timp ce întreprinderea este interesată, în primul rînd, de prețul de cost cu care se realizează această calitate. În lucrare se va da un exemplu de analiză statistică a calității fabricației, bazat pe producția de contoare monofazate de energie electrică la I.A.E.M. Timișoara.

Întreprinderea I.A.E.M. Timișoara este orientată către un comerț exterior activ, produsele exportate reprezentînd cel puțin 50% din producția realizată, la care, dacă adăugăm faptul că producția de aparate electrice de măsură necesită complexitate și precizie mare, s-a conturat problema necesității abordării problemelor de calitate în cadrul acestei întreprinderi.

Contoarele monofazate de energie electrică prelevate din fabricația curentă în I.A.E.M. sînt supuse sistemului de probe legal pentru verificarea metrologică finală :

a) Probe atributive

1 — aspect exterior ;
2 — defecte totale (blocări, frecări) ;
3 — sensibilitate ;
4 — mers în gol.

b) Probe de măsurare

5 — proba de înregistrare ;
6 — proba de 5% I_n, cos $\varphi = 1$ *)
7 — proba de 100% I_n, cos $\varphi = 1$
8 — proba de 100% I_n, cos $\varphi = 0{,}5$
9 — proba de 400% I_n, cos $\varphi = 0{,}5$ **)

*) Pentru contoarele livrate I.R.E., se efectuează o probă de 10 % I_n, cos $\varphi = 1$.
**) Se efectuează numai pentru contoare livrate I.R.E.

În acest context, calitatea producției contoarelor poate fi reflectată cu ajutorul unor indicatori (analitici și sintetici).

Un indicator elementar de calitate îl reprezintă expresia cantitativă a unei caracteristici de calitate (indiferent de natura acestora, tehnice sau economice). Un indicator elementar de calitate poate fi exprimat prin mărimi numerice (valori absolute sau relative), sau prin calificative.

Indicatorii elementari de calitate trebuie să îndeplinească următoarele cerințe generale :

— să fie ales un număr strict necesar de indicatori pentru o evaluare cît mai corectă a calității ;

— să fie reprezentativi ;

— să permită stabilirea de nivele de calitate pentru criteriile respective ;

— să poată fi verificați prin metode obiective.

Un indicator sintetic de calitate reprezintă expresia cantitativă a mai multor caracteristici de calitate, cumulate și ponderate cu coeficienți de importanță. Elementele definitorii ale unui indicator sintetic de calitate sînt : denumirea indicatorului, metoda de determinare a valorii lui, valoarea numerică.

Un astfel de indicator numeric ajuns zilnic pe masa de lucru a factorilor de decizie din întreprindere poate reflecta calitatea producției și permite luarea unor decizii operative pentru înlăturarea cauzelor care au tendință de reducere a calității produselor. Indicatorul sintetic reflectă calitatea producției la un moment dat, față de o perioadă anterioară, sau față de nivelul impus.

Sistemul de indicatori propus pentru urmărirea calității contoarelor monofazate de energie electrică în I.A.E.M. Timișoara

Pentru a aprecia calitatea producției contoarelor monofazate în I.A.E.M. Timișoara, se pot utiliza trei nivele de indicatori de calitate :

Indicatorul de nivel 1 (q_1) este dat de totalul contoarelor respinse din lot și de respingerile

la diferite probe. Dacă n este numărul contoarelor din lot, acești indicatori elementari sînt :

$$q_{1r} = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^{9} r_i}{n}\right) = \left(1 - \frac{r}{n}\right) \quad (1)$$

$$q_{1i} = \left(1 - \frac{r_i}{n}\right) \quad (2)$$

cu :

(r_i/n) — fracțiunea respinsă la proba i (contorul fiind supus la nouă probe, $i = 1 \ldots 9$; $\sum_{i=1}^{9} r_i = r$

r — numărul total de contoare respinse la cel puțin o probă.

Sînt deci 10 indicatori elementari de nivel 1, care exprimă în fond procentul de contoare admise la fiecare probă (ținînd seama că prin sistemul actual de verificare a contoarelor, un contor poate fi respins numai la singură probă, după care nu se mai continuă verificarea).

Indicatorul sintetic de nivel 1 are forma :

$$q_1 = \left(1 - \frac{r}{n}\right) \prod_{i=1}^{9} \left(1 - \frac{r_i}{n}\right)^{p_i} \quad (3)$$

P_i fiind exponenți de pondere pentru cele 9 probe.

Ținînd cont însă că de obicei ($r_i = 0 \ldots 5$, iar $n \geqslant 40$) produsele:

$$\frac{r_i \cdot r_{i+1}}{n^2}; \quad \frac{r_i \cdot r_{i+1} \cdot r_{i+2}}{n^3} \text{ etc.}$$

tind rapid spre valori foarte mici, care se pot neglija și fracțiile r_i se pot grupa pe probe de aceeași pondere.

Indicatorul devine atunci :

$$q_1 = \sqrt[P]{\left(1 - \frac{r}{n}\right)\left(1 - \frac{r_1}{n}\right)^{P_1}\left(1 - \frac{r_2 + r_3 + r_4}{n}\right)^{P_2}\left(1 - \frac{r_5 + r_6 + r_7 + r_8}{n}\right)^{P_3}} \quad (4)$$

Exponenții de pondere p_1, p_2, p_3 se aleg în funcție de importanța probei pentru funcționarea contorului, iar $p = 1 + p_1 + p_2 + p_3$.

Indicatorul poate lua valori între 1 ($r = 0$) și 0 ($r = n$).

Indicatorul de nivel 2 (q_2) exprimă calitatea fracțiunii admise dată de procentul contoarelor admise dată de procentul contoarelor admise la clasele 1,5 ; 1 și 0,5 (contorul trebuie să se încadreze cu toate caracteristicile în clasa respectivă).

Acest indicator exprimă calitatea producției (produselor) față de nivelul propus. Deci, cum actualmente contoarele se fabrică în clasa de precizie 1,5, acest indicator trebuie să aibă valoarea 1 cînd toate contoarele admise sînt în clasa 1, iar cu cît mai multe contoare sînt în clase superioare, indicatorul trebuie să aibă valori supraunitare.

Expresia indicatorului poate fi de forma :

$$q_2 = \frac{k_1 a_1 + k_2 a_2 + k_3 a_3}{a} \quad (5)$$

Pentru a da caracter stimulativ indicatorului, se poate considera : $k_1 = 0{,}7$; $k_2 = 1$; $k_3 = 1{,}3$, deci indicatorul va avea valoarea $q_2 \in (0{,}7;\ 1{,}3)$.

După natura sa, acest indicator este un indicator sintetic. Dacă :

$a = a_1$; atunci $q_2 = 0{,}7$, toate contoarele în cl. 1,5 ;

$a = a_2$; atunci $q_2 = 1$, toate contoarele în cl. 1 ;

$a = a_3$; atunci $q_2 = 1{,}3$, toate contoarele în cl. 0,5.

Un alt motiv pentru care s-au adoptat aceste valori pentru coeficienții k este încurajarea tendinței spre o rezervă de precizie cît mai mare. S-a propus $k_3 > 1$, deoarece clasa 0,5 este superioară nivelului mondial actual al contoarelor de energie electrică.

Indicatorul de nivel 3 (q_3) cuprinde indicatorii statistico-matematici care exprimă toleranțele naturale și capabilitatea procesului tehnologic. Acești indicatori se formează pentru probele $i = 5 \ldots 8$ și numai pentru contoare admise la toate probele (la care se dispune de valori cuantificabile), pe baza valorilor medii $x_{i,j}$ și abaterilor medii pătratice experimentale $S_{i,j}$ ($i = 5 \ldots 8$).

Indicatorul sintetic de nivel 3 apreciază atît centrarea procesului, cît și precizia de fabricație. Cei doi indicatori parțiali de nivel 3 (pentru centrare și precizie) trebuie să facă față tuturor situațiilor, relevînd existența rezervei de precizie (dacă aceasta există).

Notînd cu ITS — intervalul de toleranțe specificat pentru mărimea măsurată, cu k — coeficientul de siguranță pentru asigurarea unei tehnologii corespunzătoare ($k \in [0{,}67;\ 0{,}75]$ la toleranțe bilaterale), iar cu :

$$\Delta = |X_N - \overline{X}| \quad (5)$$

valoarea descentrării procesului tehnologic ; unde :

X_N — valoarea nominală a parametrului urmărit ;

$\overline{X}$ — valoarea medie pe lot a parametrului măsurat,

și punînd condiția (fig. 1) :

$$\Delta + 3S \leqslant \frac{k \cdot ITS}{2} \quad (6)$$

care exprimă faptul că prcesul tehnologic este sub control (descentrarea plus toleranțele naturale să fie în interiorul toleranțelor specificate) rezultă :

$$\frac{2\Delta}{k \cdot ITS} + \frac{6S}{k \cdot ITS} \leqslant 1 \tag{7}$$

sau

$$\left(1 - \frac{2\Delta}{k \cdot ITS}\right) \cdot \frac{k \cdot ITS}{6S} \geqslant 1 \tag{8}$$

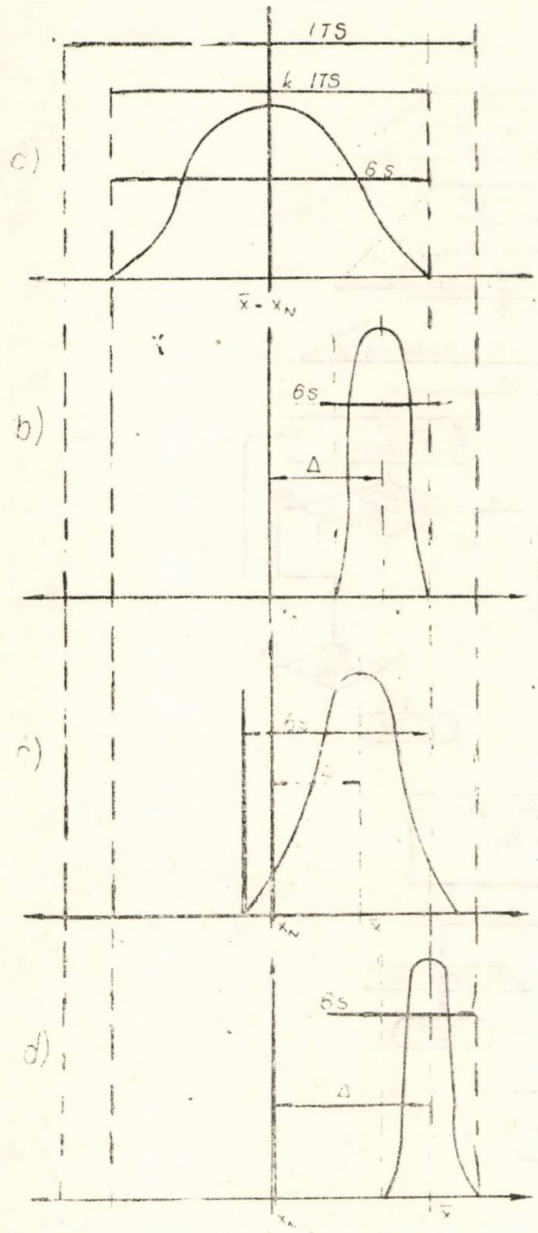


Fig. 1 .Poziţiile distribuţiilor corespunzătoare celor două loturi de piese.

Din această condiție rezultă cei doi indicatori de calitate căutați :

— pentru centrarea procesului :

$$q_{3c_i} = 1 - \frac{2\Delta_i}{k_i \cdot ITS_i} \tag{9}$$

— pentru precizia de fabricație :

$$q_{3p_i} = \frac{k_i ITS_i}{6S_i} \tag{10}$$

Ambii indicatori cresc, dacă procesul de fabricație se îmbunătățește.

Indicatorul sintetic de nivel 3 pentru proba i are forma :

$$q_{3i} = q_{3ci} \cdot q_{3pi} \tag{11}$$

Inidicatorul are valoarea 1 pentru toate cazurile în care este respectată condiția (fig. 1).

$$\Delta + 3S = \frac{k \cdot ITS}{2} \tag{12}$$

Într-adevăr:

$$q_{3c} = 1 - \frac{2\Delta}{k \cdot ITS} = 1 - \frac{2\left(\frac{k \cdot ITS}{2} - 3S\right)}{k \cdot ITS} = \frac{6S}{k \cdot ITS} \tag{13}$$

$$q_{3p} = \frac{k \cdot ITS}{6S} \tag{14}$$

Rezultă : $q_3 = 1$.

Pentru condiția:

$$\Delta + 3S < \frac{k \cdot ITS}{2} \tag{15}$$

indicatorul q_3 va avea valori supraunitare, indicînd un proces tehnologic cu rezerve.

Pentru cazul :

$$\frac{k \cdot ITS}{2} < \Delta + 3S \leqslant \frac{ITS}{2} \tag{16}$$

indicatorul :

$$q_3 \in \left[1, \sqrt{1 - \frac{ITS}{6S}(1-k)}\right] \tag{17}$$

deci va avea valori subunitare ($k<1$) și va fi cu atît mai mic cu cît exigența la adresa procesului de producție va fi mai mare (k mai mic).

În cazul $\Delta = 0$ (centrare perfectă) și $6S = ITS$, indicatorul $q_3 = \sqrt{k}$, pentru $\Delta \neq 0$ valorile lui vor fi mai mici.

Indicatorul sintetic de nivel 3 pentru grupul de probe 5—9 are forma :

$$q_{3T} = \frac{1}{5} \sum_{i=5}^{9} q_{3i} \tag{18}$$

Pentru a concentra cei trei indicatori, se utilizează indicatorul grolbal al calității producției.

Indicatorul sintetic global al calității trebuie să se compună din indicatorii sintetici de trei nivele. El poate avea forma :

$$IQ = \sqrt[3]{q_1 \cdot q_2 \cdot q_{3T}}$$

unde : q_1, q_2, q_{3T} sînt indicatorii sintetici de nivel, 1, 2 și 3.

Programul pentru calculator

Operațiile preliminare necesare sînt :

— alegerea nivelelor de calitate pentru fiecare indicator elementar și pentru indicatorul sintetic de fiecare nivel ca și pentru indicatorul global ;

— efectuarea măsurărilor conform sistemului de probe legal, pentru verificarea metrologică finală și notarea rezultatelor pe un formular adecvat ;

— introducerea mărimilor impuse, cît și a nivelelor de calitate dorite pentru fiecare indicator elementar și sintetic și pentru indicatorul global (FB — foarte bine ; B — bine ; NS — nesatisfăcător). Desfășurarea programului este redată în figura 2 ;

— introducerea datelor măsurate ;

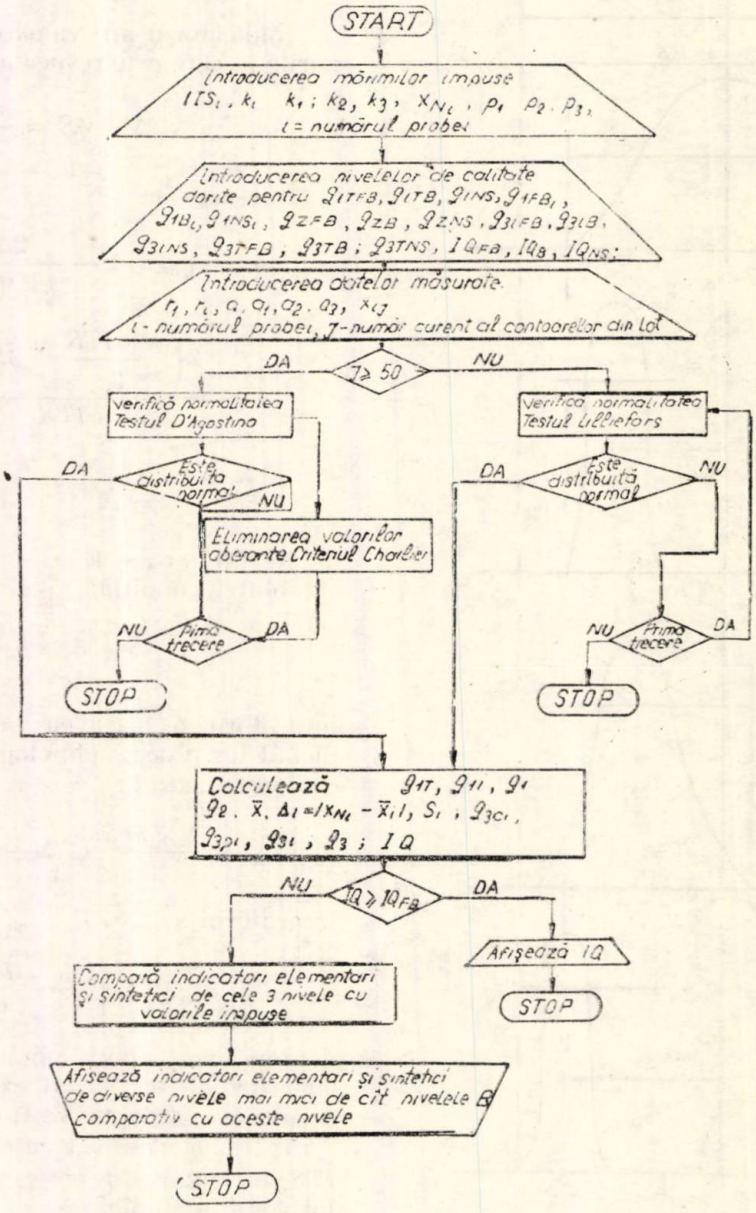


Fig. 2 Organigrama programului pentru urmărirea reglajului mașinilor unelte în producția de serie.

— calculatorul verifică normalitatea rezultatelor măsurărilor la probele de măsurare (tes-

tul D'Agostino sau testul Lilliefors) eliminînd dacă e cazul eventualele valori aberante datorate introducerii greșite a datelor ;

— se calculează valorile efective a indicatorilor elementari, sintetici și globali ;

— dacă indicatorul global $IQ \geqslant IQ_{FB}$ se afișează această valoare programul oprindu-se ;

— dacă $IQ < IQ_{FB}$ calculatorul compară indicatorii elementari cu valorile impuse afișînd toți indicatorii elementari și sintetici de cele trei nivele comparativ cu valorile dorite pentru nivelul B.

Concluzii

Sistemul de indicatori propus a fost experimentat în cadrul I.A.E.M. începînd din octombrie 1985 și s-a dovedit a fi sensibil la toate modificările survenite în procesul de producție.

Sistemul se pretează, utilizînd calculatoare de tip personal, pentru compararea direct în secțiile productive a calității producției momentane față de perioade anterioare sau față de nivelul dorit, dînd în același timp indicații asupra zonelor din procesul de fabricație care au dus la scăderi ale nivelului calității.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Schütz, O.* : Satistische Qualitätskontrolle, VEB Verlag Technik, Berlin, 1976.

[2] x x x : Control statistic al calității produselor, Colecția de standarde nr. 59, București, Editura tehnică, 1976.

CZ : 534 : 621.83

Comportarea vibroacustică — factor de bază al calității transmisiei cu roți dințate

Prof. dr. ing. Gheorghe **RĂDULESCU**, șef lucr. dr. ing. George **DOBRE**, asist. ing. Radu **MIRICĂ**, asist. ing. Traian **CICONE** — Institutul Politehnic București

Ing. Valentin **BARBU** — I.C.T.C.M. București

Importanța cercetării comportării vibroacustice a transmisiilor cu roți dințate

Angrenajele determină în mod hotărîtor performanțele transmisiilor din care fac parte, în raport cu alte elemente constitutive (în special arborii și lagărele), ele influențînd — printre altele — caracteristicile tehnice, durabilitatea și gabaritul sistemului. Ca urmare, calitatea agrenajelor componente se răsfrînge asupra calității transmisiei în ansamblu.

Calitatea angrenajelor este caracterizată, în principal, de următoarele particularități :

a) rezistența danturii la diferite moduri de deteriorare (ruperea dintelui și uzarea flancurilor), determinate la rîndul lor de numeroși factori ;

b) factorii tribologici (tipul lubrifiantului, felul ungerii etc.);

c) comportarea vibroacustică.

În ultimul timp, în contextul utilizării pe scară tot mai largă în construcția de mașini a angrenajelor de puteri și turații ridicate — tendință impusă de cerința creșterii capacității de lucru și productivității muncii și a reducerii gabaritului — se impune considerarea comportării vibroacustice a angrenajelor și, în ansamblu, a transmisei din care fac parte, ca un factor determinant al calității funcționale și ca un mijloc de diagnosticare tehnică și de recepție a produselor. Într-adevăr, comportarea vibroacustică determină calitatea funcțională prin următoarele :

a) regimurile periculoase de vibrații cauzează solicitări variabile și, ca urmare, reducerea durabilității sistemului ;

b) nivelul ridicat de zgomot afectează productivitatea muncii și poate produce afecțiuni de natură psiho-fiziologică asupra organismului uman.

Pe de altă parte, pe baza tehnicilor experimentele de cercetare a vibroacusticii transmisiei, se poate realiza diagnosticarea tehnică, ce permite cunoașterea fără demontare a stării tehnice a sistemului (calitatea tehnologică, de funcționare, de uzură), prognozarea duratei de funcționare ulterioară și recepția pe baza caracteristicilor vibroacustice.

Importanța care se acordă astăzi comportării vibroacustice a sistemelor tehnice și, în particular, a transmisiilor mecanice este relevată și de normele, prescripțiile și standardele referitoare la metodele de stabilire a nivelelor de vibrații și zgomot și la condițiile de recepție a produselor din acest punct de vedere, de exemplu DIN 45635 [23, 24], ISO/R 495 [25], TGL 19-11040 [26, 27], VDI 2159 [28].

Pentru a se evidenția complexitatea cercetării teoretice și experimentale a comportării vibroacustice a transmisiilor cu roți dințate, în prezenta lucrare se prezintă aspecte de bază privind considerarea transmisiei ca generator și radiator acustic, excitațiile sistemului oscilant pe care îl reprezintă și mărimile și măsurile de influență cele mai semnificative (cu precizări fenomenologice și ale efectului canti-

tativ asupra nivelului de zgomot). În final, după formularea unor concluzii, se relevă obiectivele cercetării viitoare în acest domeniu, in cadrul colaborării dintre Catedra de organe de mașini și mecanisme a Institutului Politehnic București și I.C.T.C.M. București.

Considerații asupra vibroacusticii transmisiilor cu roți dințate

Transmisia cu roți dințate — generator și radiator acustic. În modelul din figura 1 este reprezentată transmisia ca un generator [1]) și, în același timp, ca un radiator acustic. Se observă că există căi de transmitere a energiei de vibrație :

a) o parte este transportată de undele propagate prin roți dințate, arbori și lagăre la pe-

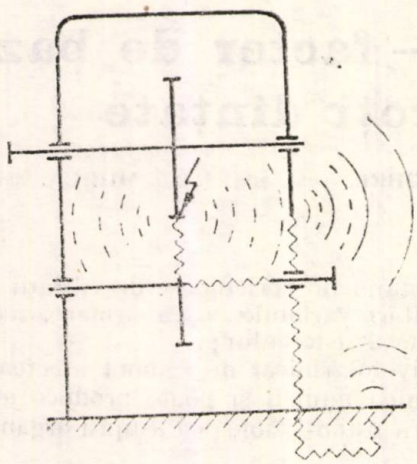


Fig. 1 Model al generării și radiației acustice al unei transmisii cu roți dințate

Excitații
Zgomot structural
Zgomot aerian
Zgomot primar
Zgomot secundar

reții carcasei și este radiată de aici sub forma așa numitului *zgomot primar* ;

b) cealaltă parte este transmisă de unde prin spațiul de aer din interiorul carcasei ; provoacă, de asemena, vibrații ale pereților și este radiată sub forma *zgomotului secundar.*

Numai o parte neînsemnată a puterii acustice este determinată de radiația secundară, cea mai mare parte — circa 90 . . . 95% — fiind legată de radiația primară [7], care trebuie în principal diminuată.

Excitațiile transmisei ca sistem oscilant. Rezultă că studiul vibroacusticii transmisei trebuie să se facă prin considerarea acesteia ca un sistem oscilant. Pentru aceasta este necesară cunoașterea excitațiilor sistemului.

[1]) S-a figurat ca zonă de excitații numai cea a angrenării, care — așa cum se desprinde din analiza ulterioară — este determinată în raport cu altele.

Excitațiile întregii transmisii se pot grupa în categoriile de bază externe sau interne, după cum acționează în exteriorul sau, respectiv, în interiorul transmisiei.

Excitațiile externe sînt determinate, în principal, de momentele de torsiune de antrenare și/sau rezistent, ca funcții de timp ; ele sînt specifice fiecărui agregat, cunoașterea lor necesitînd cercetări experimentale [20].

Dintre excitațiile interne se enumeră ca principale :

a) variația în timp a rigidității echivalente a danturii (fig. 2), definită în corelație cu deplasarea relativă în sarcină a roților — mărime complexă care include efectul deformației danturii și al abaterilor tehnologice și funcționale [2]. Datorită variației în formă de trepte a rigidității danturii (fig. 2), are loc o excitație parametrică, care determină un număr mare de domenii de instabilitate parametrică (fig. 3). Prin aceasta, exictația parametrică are o influență determinantă asupra vibroacusticii transmisiei ;

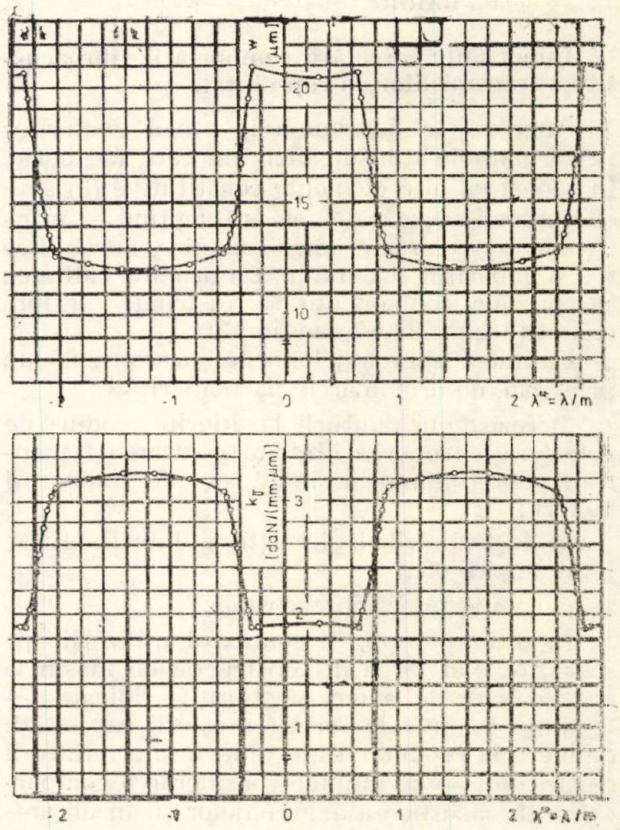


Fig. 2 Variații ale deplasării relative în sarcină a roților și rigidității echivalente a danturii în lungul segmentului de angrenare, în cazul unui angrenaj paralel cilindric, în condițiile angrenării reale [2].
$a_w = 125$ mm; $m = 4$ mm; $\beta = 0^0$; $z_1 = 23$ dinți; $z_2 = 37$ dinți; $x_1 = 0{,}690$; $x_2 = 0{,}733$; $b_w = 46$ mm; $T_1 = 784{,}4$ Nm.

b) impulsurile (șocurile) de angrenare, determinate de abaterile de angrenare (la angrenajele de înaltă precizie — în special de deformația danturii), care modifică sub formă de treaptă încărcarea unei perechi de dinți [19, 18, 2].

În cazul transmisiilor de puteri și turații ridicate (viteze periferice peste 1 m/s), excitația parametrică și impulsurile de angrenare determină circa 80 ... 90% din zgomotul total [12]; ca urmare, reducerea acestor excitații trebuie urmărită cu precădere în cadrul măsurilor active de protecție vibroacustică (definirea acestora se face mai jos).

Mărimi și măsuri de influență.

A. *Considerații generale, clasificări.* În schema din figura 4. Sînt indicate tipuri de mărimi de influență, elementele principale la care se referă, exemple de măsuri și efectele de natură vibroacustică. Factorii și măsurile sînt grupate după efectele primare, și anume: excitațiile, transmiterea energiei de vibrație și radiația acustică a carcasei; acestea determină la rîndul lor efectul global al nivelului de vibrație și zgomot.

Pentru stabilirea priorității măsurilor, este utilă și următoarea clasificare, din punctul de vedere al importanței efectului cauzat:

a) măsuri active, prin care se micșorează sau se elimină excitațiile și care, deci, influențează în mod direct regimul vibroacustic;

b) măsuri pasive, prin care se realizează, pe de o parte, reducerea răspunsului dinamic prin modificarea poziției relative a frecvențelor excitatoare și a celor proprii și folosirea maselor auxiliare (absorbitorilor) și, pe de altă parte, mărirea rezistenței pe care mediul de transmitere o opune propagării undelor acustice și micșorarea radiației acustice a carcasei — măsuri care au o influență indirectă asupra generării vibrațiilor.

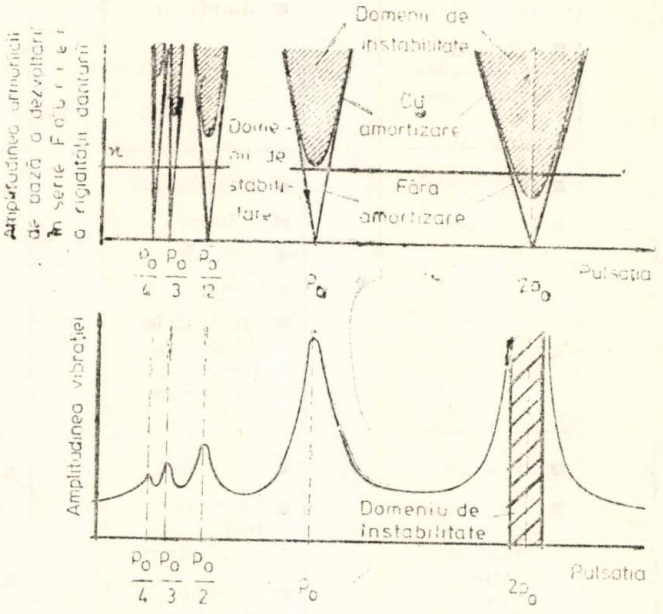


Fig. 3 Reprezentarea schematică a hărții de stabilitate și a amplitudinii vibrației la un sistem reonom cu un grad de libertate [16].

Este, evident, că se impune aplicarea cu necesitate a măsurilor active de protecție vibroacustică, care determină, implicit, ridicarea durabilității și fiabilității elementelor generatoare de vibrații.

B. *Influența puterii transmisiei.* Dacă angrenajele sînt cu dinți drepți sau înclinați, la o dublare a vitezei periferice a roților în condițiile unei aceleiași încărcări se produce o creștere a nivelului de zgomot cu 5 ... 6 dB; la o transmisie cu o treaptă, mărirea sarcinii de la mersul în gol la valoarea nominală conduce — în condițiile menținerii vitezei periferice și ale nemodificării formei de variație a rigidității danturii — la o creștere a nivelului de presiune acustică de circa 12 dB la dantura dreaptă și 4 dB la cea înclinată [12].

C. *Influența datelor angrenajului*

a) Flancarea [1]) este corecția danturii cel mai larg utilizată pentru reducerea excitațiilor angrenării [2]). Flancarea lungă determină — la încărcarea angrenajului cu sarcina de calcul al dimensiunilor flancării și în raport cu alte tipuri

[1]) Tipurile de flancări sînt larg prezentate, de exemplu în [19], [18] [2].

[2]) Un alt tip de corecție a dintelui cu influențe pozitive este cea a suprafeței de cap [15]; ea nu este practic utilizată datorită dificultăților de soluționare teoretică și de realizare tehnologică.

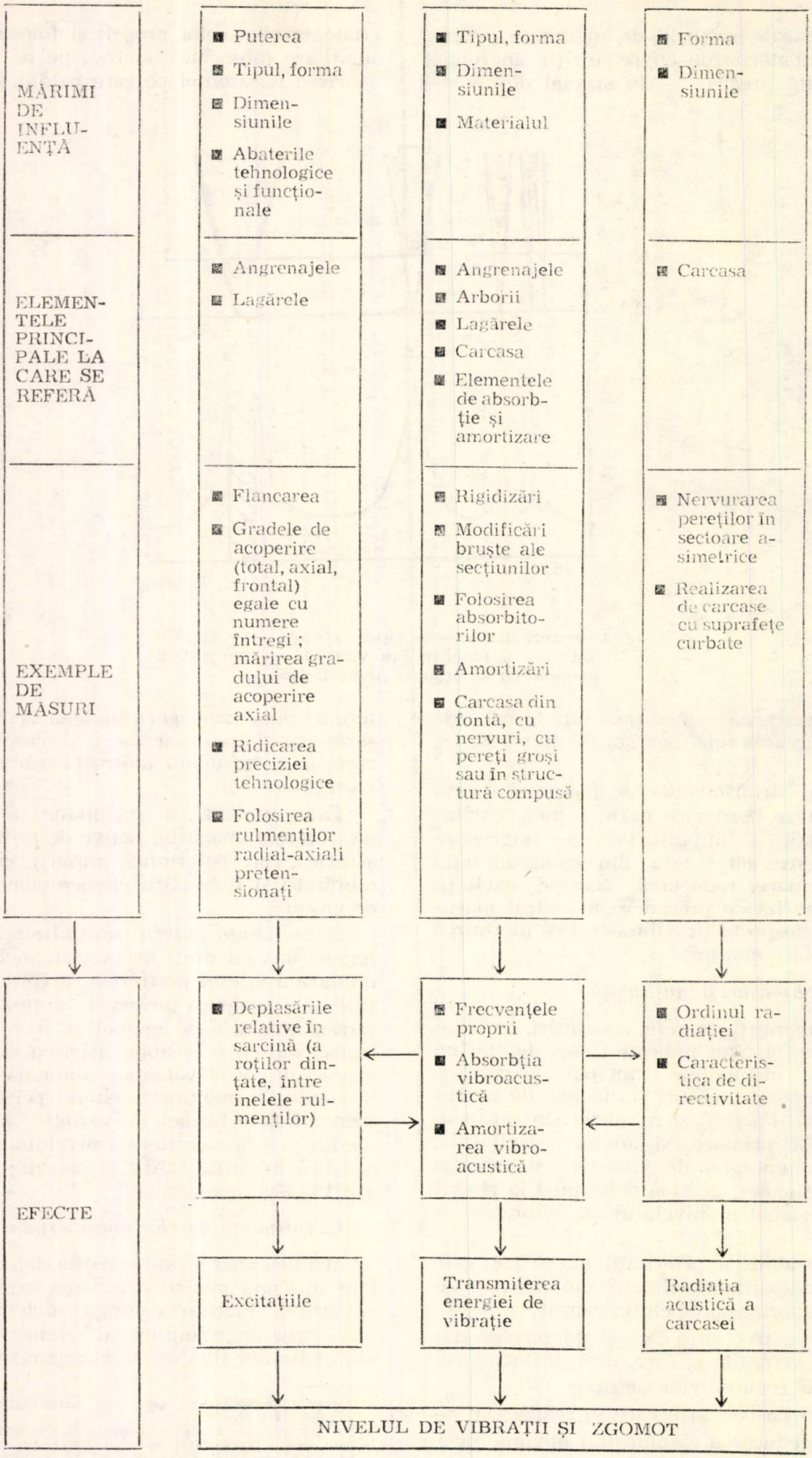


Fig. 4 Influențe, măsurare și efecte ale nivelului de vibrații și zgomot. Clasificare.

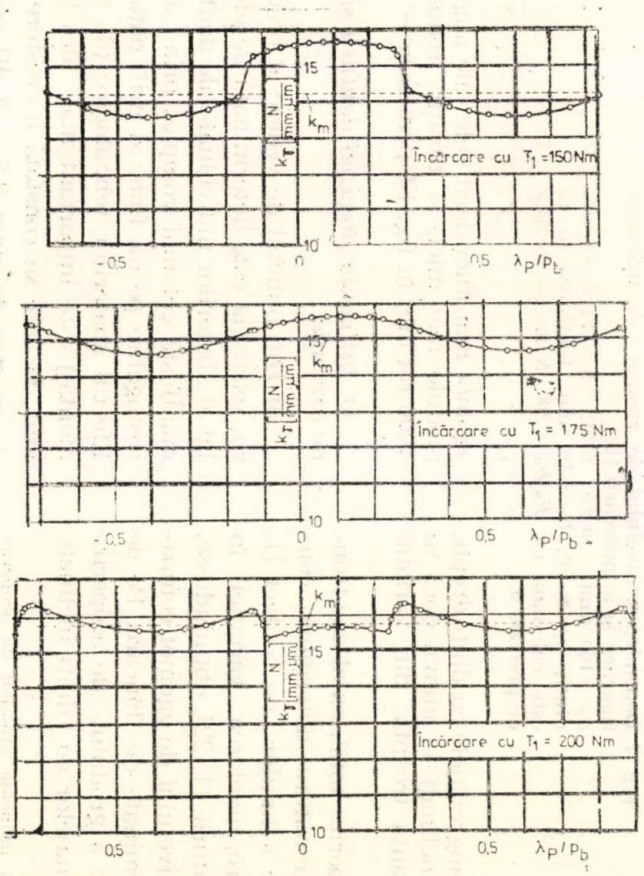


Fig. 5 Variațiile rigidității echivalente a danturii, în lungul segmentului de angrenare, în cazul unui angrenaj paralel cilindric cu flancare lungă, în condițiile angrenării reale [2].
a_w = 200 mm; m = 5 mm; $\beta = 0^0$; z_1 = 30 dinți; z_2 = 49 dinți; x_1 = 0,330; x_2 = 0,193; b_w = 10 mm; flancarea calculată cu T_1 = 175 Nm.

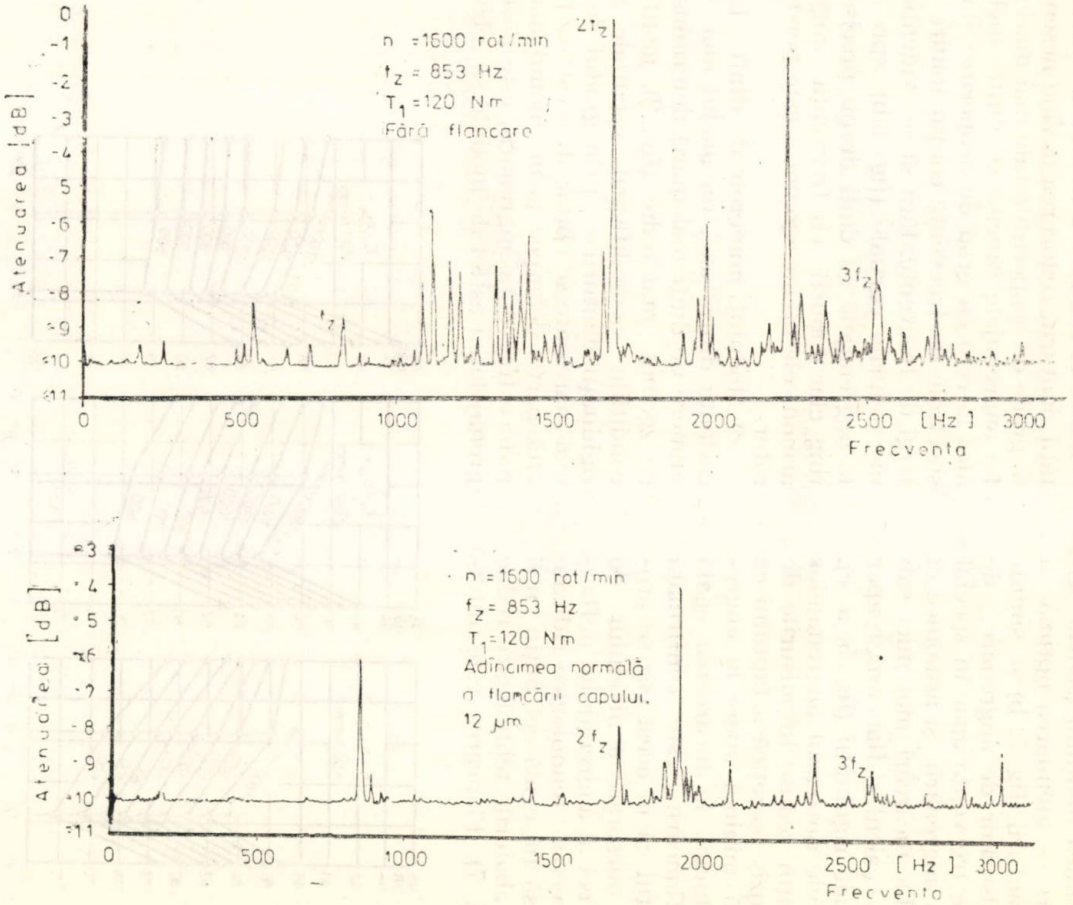


Fig. 6 Influența flancării asupra spectrului de frecvențe al zgomotului [18].
a_w = 160 mm; m = 5 mm; $\beta = 0^0$; $z_1 = z_2$ = 32 dinți; $x_1 = x_2 = 0$; b_w = 10 mm; flancarea lungă este calculată cu F_n/b_w = 200 N/mm; treapta de precizie 6.

de corecții după mărimea înălțimii (scurtă, supralungă) și încărcări — atenuarea optimă a variației rigidității danturii (fig. 5, b) și, simultan, reducerea impulsurilor de angrenare; de aceea, în spectrele de frecvențe apar în special tonurile cu frecvența angrenării și armonica ei superioadă (fig. 6). La încărcări mai mici sau mai mari decît cea de calcul al flancării, reapar treptele de variație ale rigidității (fig. 5, a, c), dar mai mici decît cele din cazul angrenajelor neflancate și se mențin reduse impulsurile de angrenare [2]. Concluzia teoretică a faptului că excitația parametrică minimă apare la angrenajele cu flancare lungă, la încărcarea egală cu cea de calcul al flancării, este confirmată experimental de faptul că în acest caz se produce cea mai mare micșorare a nivelului de zgomot în raport cu cel al angrenajului neflancat, în cazul unei precizii tehnologice ridicate (treapta de precizie să fie egală cel puțin cu 6 în cazul rectificării; abaterile tehnologice reduc efectul flancării, fig. 7). Flancarea este întotdeauna aplicabilă la angrenajele cu dinți drepți, iar la cele cu dinți înclinați — numai dacă se manifestă c aimportantă treapta din variația rigidității danturii [1]).

b) Gradul de acoperire total, axial sau frontal egal cu un număr natural determină constanța sumei curente a liniilor de contact [1, 17, 3], și, care urmare, nivelarea variației în timp a rigidității danturii, [1, 22], obținîndu-se, astfel, reduceri ale nivelului de zgomot comparabile cu cele determinate de flancare. Pe de altă parte, o creștere a gradului de acoperire axial, în cazul angrenajelor cu dinți înclinați, conduce la reducerea treptei din variația rigidității danturii; reducerea devine nesemnificativă la grade de acoperire totale mai mari decît 2, 5. La angrenajele precise cu dinți înclinați, mai ales la cele cu grad de acoperire total mare, spectrele de frecvențe conțin tonuri în benzi largi de frecvențe, fără să se evidențieze puternic tonurile parțiale (fig. 8,b); spre deosebire, la angrenajele cu dinți drepți precise, se disting clar tonurile cu frecvența angrenării și armonicele ei, iar zgomotul este perceput supărător.

c) Modulul, numerele de dinți. La aceeași distanță dintre axe, un modul mai mic (deci, numere de dinți mai mari) determină un nivel de zgomot mai redus (fig. 9), justificat — în condițiile nemodificării esențiale a variației rigidității danturii — prin gradul de acoperire mai mare care se obține în acest saz [10]. Pe de altă parte, deoarece la un modul mai mare se reduce frecvența angrenării, este posibil ca angrenajele cu astfel de module să aibă nivele de zgomot mai mici decît cele ale angrenajelor cu module mai mici, la turații reduse (pînă la 4000 rot/min în fig. 10, pentru $m = 4{,}5$ mm).

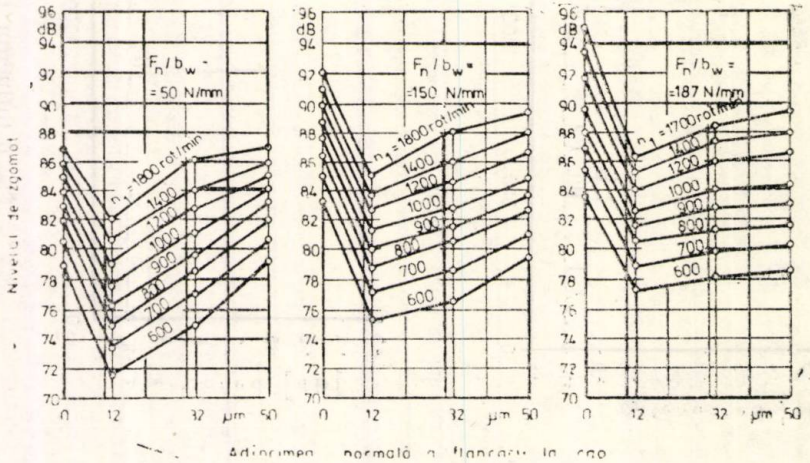


Fig. 7 Dependența nivelului de zgomot de mărimea flancării și a încărcării [18].
$a_w = 160$ mm; $m = 5$ mm; $\beta = 0^0$; $z_1 = z_2 = 32$ dinți; $x_1 = x_2 = 0$; $b_w = 10$ mm; flancarea lungă este calculată cu $F_n/b_w = 200$ N/mm; treapta de precizie 6.

D. Influența preciziei danturii și tehnologiei de execuție

a) Din punctul de vedere al preciziei danturii, excitația este determinată de efectul cumulat al abaterilor individuale ale danturii, care se manifestă cel mai complet prin abaterea de rostogolire pe un flanc și prin pata de contact. Efectul abaterilor tehnologice (de danturare și montaj) este important mai ales la încărcări mici, la care se constată o creștere a nivelului de zgomot de circa 2,5 ... 3 dB pentru fiecare

[1]) Vezi și discuția privind influența gradului de acoperire total.

treaptă de precizie; la încărcări mai mari, modificarea nivelului de zgomot este neglijabilă dacă treapta de precizie este mai mică sau egală cu 4 și de circa 1,5 ... 2 dB pentru o treaptă de precizie în domeniul de trepte 5 ... 8 [21].

înclinată pe flanc a liniilor de contact are ca efect reducerea amplitudinii deplasării relative cauzate de abateri.

Alte abateri individuale, cum sînt abaterea pasului de angrenare și abaterea cercului de bază

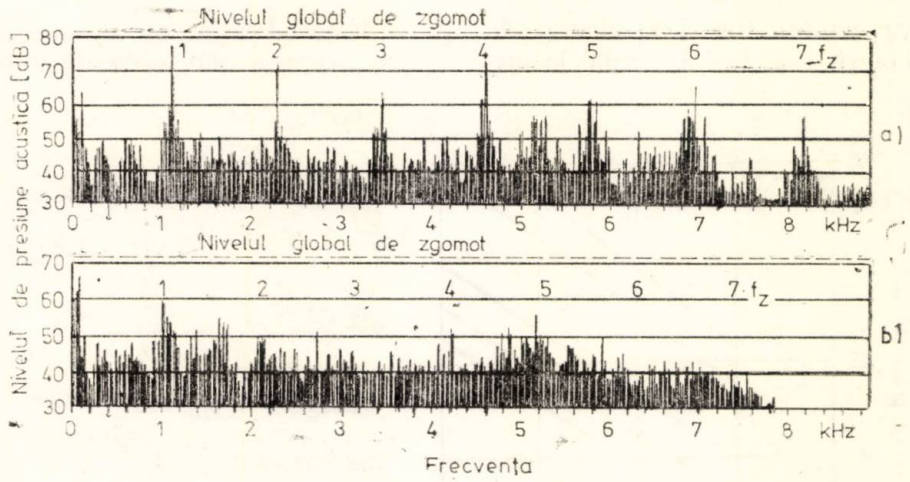


Fig. 8 Spectre de frecvențe pentru angrenaje paralele cilindrice cu dinți drepți (a) și cu dinți înclinați cu $\beta = 25^0$ (b) [9].
$a_w = 91{,}5$ mm; $m_n = 3$ mm; $i \simeq 1{,}6$; $b_w = 22$ mm; $n_1 = 3000$ rot/min; treapta de precizie (DIN) 3.

Dintre abaterile individuale, efecte mai importante asupra excitației le au cele cu frecvențe mari de variație, egale cel puțin cu frecvența angrenării.

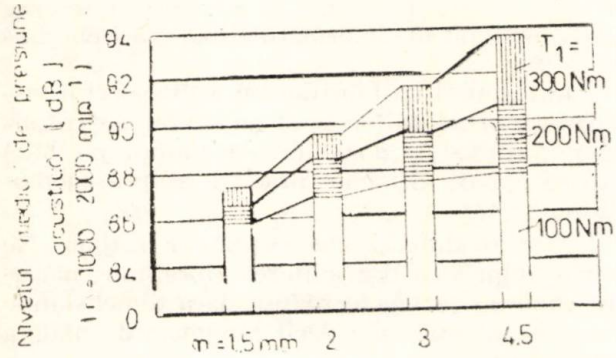


Fig. 9 Influența modulului asupra zgomotului în cazul angrenajelor paralele cilindrice [10].
$a_w = 91{,}5$ mm; $\beta = 0^0$; $\alpha_w = 22{,}4^0$; dantură călită și rectificată.

Abaterea profilului dintelui cauzează numeroase impulsuri pe durata angrenării unei perechi de dinți, care pot să conducă la o creștere importantă a nivelului de zgomot în cazul angrenajelor cu dinți drepți (fig. 11), în spectrele de frecvențe ieșind clar în evidență frecvența abaterii și benzi laterale ale acesteia. La angrenajele precise cu dinți înclinați (frezate prin rostogolire), abaterile de profil au o influență redusă asupra zgomotului, deoarece dispunerea

determină mărirea treptei din variația rigidității danturii și impulsuri mai puternice de angrenare; în spectrele de frecvențe, abaterile distribuite neregulat în cursul unei rotații se disting prin benzi laterale ale frecvenței de angrenare (distanțate de aceasta cu frecvența de rotație sau cu un multiplu al ei) și prin distribuția împrăștiată a tonurilor parțiale, ceea ce face ca, eventual, zgomotul să fie perceput mai puțin supărător.

b) Tehnologic, sînt de relevat influențele prelucrărilor prin șeveruire și lepuire.

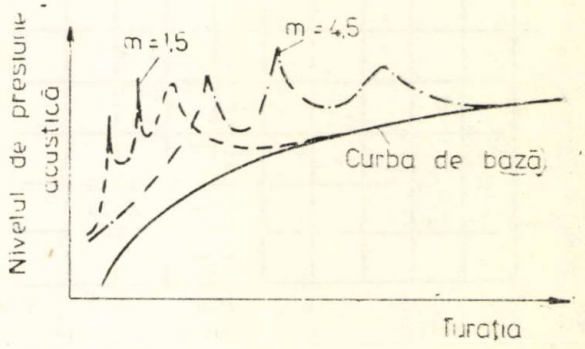


Fig. 10 Variații de principiu ale nivelului de presiune acustică, în funcție de turație, la diferite module în cazul angrenajelor paralele cilindrice [10].

Șeveruirea roților dințate asigură — la precizii cu una-două trepte mai mici decît cea a rectificării — o comportare acustică similară; cauza o constituie legea mai favorabilă a dis-

punerii abaterilor geometrice de ordinul 2...4, care determină tonuri în benzi largi în spectrele de frecvențe și, în consecință, un zgomot mai puțin supărător [12].

O reducere semnificativă a nivelului de zgomot — pînă la 6 dB — se obține dacă dantura este finisată prin lepuire (fig. 12); efectul vibroacustic al lepuirii este mai puternic la angrenajele cu dinți înclinați, deoarece la acestea sînt reduse cel mai bine abaterile de profil și microneregularitățile flancurilor. Un aspect interesant este că reducerea nivelelor de zgomot determinată de lepuire nu este însoțită, în mod condiționat, și de micșorarea caracterului supărător al zgomotului, deoarece tonurile parțiale ies în evidență în mod clar în spectrele de frecvențe [14].

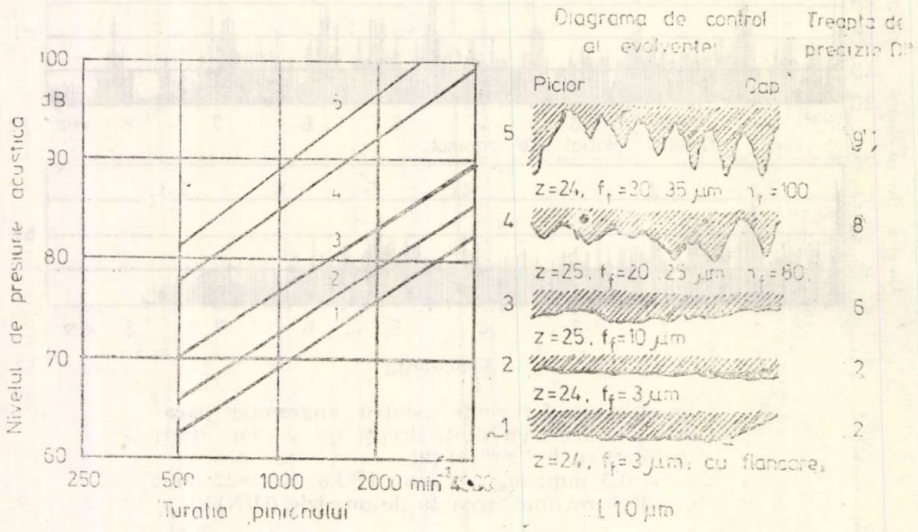


Fig. 11 Influența abaterii profilului asupra zgomotului angrenajelor paralele cilindrice [14].
a_w =125 mm; m=5 mm; β =0°; i=1; b_w = =30 mm; T_1=100 Nm.

E. Alte influențe asupra generării sau transmiterii vibrațiilor angrenajelor

Materialele roților dințate cum sînt oțelul, fonta cenușie sau fonta cu grafit nodular nu influențează, practic, nivelul de zgomot; în cazul fontei, efectul favorabil al amortizării interne este diminuat de deformațiile mai mari ale dinților [9].

În legătură cu lubrifiantul, sub aspectul vîscozității și aditivilor și al adîncimii de cufundare a roților (în domeniul unor limite posibile) nu se resimt influențe practice asupra zgomotului.

Prin modificări ale secțiunilor roților, se poate împiedica transmiterea vibrațiilor; măsura conduce la efecte reduse dacă dimensiunile roților sînt mai mici decît lungimea de undă a vibrației [12].

În [9] se consideră că un strat de material plastic dispus între coroana dințată și butuc nu asigură o izolare vibratorie și acustică, datorită rigidității sale reduse. Pe de altă parte, încercări ale angrenajelor cu roți avînd un izolator de cauciuc între coroană și butuc au arătat că — la o încărcare de circa 80% din cea portantă la pitting a angrenajului complet metalic — se obține o atenuare între 13...21 dB, și chiar de 35 dB la fecvențe înalte [5].

Folosirea absorbitorilor în construcția angrenajelor determină o reducere a amplitudinii de vibrație într-un cîmp larg de turații, din care motiv aceștia își găsesc utilizarea la

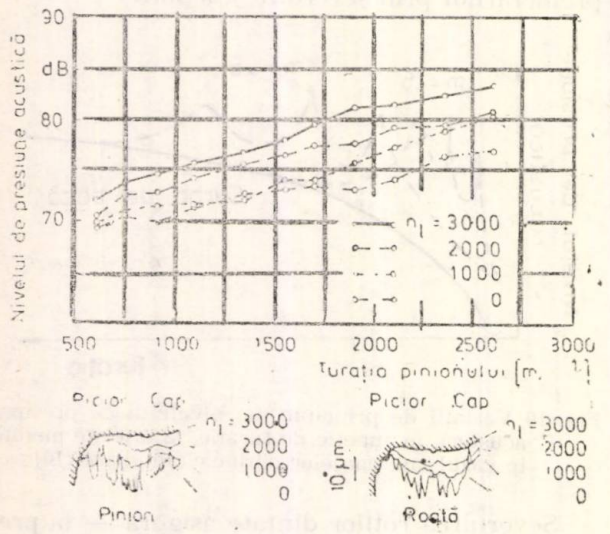


Fig. 12 Influența lepuirii asupra zgomotului angrenajelor paralele cilindrice [13].
m_n =2 mm; β =32°51'35"; z_1=40 dinți; z_2=65 dinți; $x_{n1}=x_{n2}$= 0; b_w =70 mm.

transmisiile rapide sau cu turație variabilă (la turbotransmisii, în construcția modernă de autovehicule și de material rulant); dacă absorbitorii dinamici au ca efect apariția a noi zone critice, cei cu amortizare determină nivele de zgomot sensibil scăzute — cu pînă la 10 dB — într-un domeniu larg de turații [11].

F. Influența lagărelor

Lagărele determină perturbații suplimentare, în general cu efect secundar; în principal, ele influențează transmiterea energiei de vibrație. Lagărele cu alunecare asigură — datorită întreruperii transmiterii prin solid a energiei de vibrație — reduceri ale nivelului de zgomot cu circa 4 dB, în raport cu cel al rulmenților radiali cu bile sau cu role cilindrice ; la încărcări mai mari, în cazul ultimului tip de rulment, reducerea este de circa 2 dB [14]. Dintre rulmenții radial-axiali, cei cu role conice asigură — prin rigiditatea funcțională înaltă în raport cu cea a rulmenților cu bile, realizată în urma pretensionării — o poziție stabilă de lucru a arborilor și, în consecință, cele mai reduse nivele de zgomot, mai mici cu circa 4 dB față de cele ale rulmenților radiali cu bile și cu circa 1,5 . . . 2 dB în raport cu cele ale rulmenților radial-axial cu bile [14].

G. Influența carcasei

Comportarea vibroacustică a carcasei trebuie analizată sub aspectul transmiterii energiei de vibrație și al radiației acustice — caracterizate de ordinul de radiație și caracteristica de directivitate, pornind de la extinderea teoriei oscilatorului acustic la carcase [7].

a) În ceea ce privește materialul carcasei, este de relevat că materialele plastice conduc la nivele de zgomot mai mari cu 3 . . . 4 dB, față de cazul utilizării oțelului, din cauza modulului de elasticitate mai mic, care determină amplitudini de vibrație mărite ale carcasei la aceeași excitație a zgomotului, chiar în prezența amortizării interne mai mari ; spre deosebire, nivelul de zgomot al carcasei din fontă este mai mic cu circa 2 . . .3 dB decît cel al carcasei din oțel deoarece efectul amortizării interne mai mari predomină în raport cu cel al modulului de elasticitate mai mic [14] [1]).

Deși asigură o puternică amortizare a energiei de vibrație, nu sînt utilizați, practic, pereții cu structuri compuse (cu amestecuri de cauciuc, bitum sau materiale pe bază de polimeri înalți); soluția este dezavantajoasă termic, deoarece se împiedică cedarea căldurii în mediul exterior.

b) Măsuri constructive sînt aplicate atît pentru reducerea transmiterii energiei de vibrație, cît și pentru diminuarea radiației acustice.

Astfel, fenomenul de coincidență — la care are loc o transmitere puternică a zgomotului aerian și a cărui evitare se impune dacă pereții sînt plani și cu suprafețe mari — se poate elimina prin pereții groși (mase mari), execuția de canale pe suprafețele pereților (rigiditate mică la încovoiere) și nervurarea carcasei (lungimi mici ale undelor de încovoiere). Mărirea impedanței mecanice — în scopul împiedicării transmiterii vibrațiilor structurale între elementele succesive ale carcasei — se realizează prin pereți groși, nervurare și variații bruște ale secțiunilor.

Creșterea ordinului de radiație al carcasei — prin care se reduce radiația acustică — se obține prin nervurare, care trebuie să se facă asimetric în cazul turației variabile, pentru ca sectoarele delimitate astfel să nu vibreze în fază. O nervurare stabilită prin calcul a condus la un nivel de zgomot mai mic cu circa 8 . . . 10 dB [7].

Directivitatea radiației este determinată, în special, de forma suprafețelor carcasei. Suprafețele plane radiază mai puternic decît cele convexe. Încercările a două schimbătoare de viteze cu elemente identice (roți dințate, arbori) au evidențiat o reducere cu circa 6 dB a nivelului de zgomot, în cazul în care carcasa este cilindrică, în raport cu cel corespunzător unei carcase cu pereți plani [8]).

II. Alte măsuri de protecție

Pentru limitarea propagării zgomotului se pot folosi și ecranări cu capote căptușite cu materiale fonoabsorbante, care pot să reducă zgomotul cu 10 . . . 20 dB (A) ; se pot executa și capote din tablă asamblate prin șuruburi. Capotele trebuie să fie etanșe, și, deoarece trebuie să existe deschideri pentru evacuarea căldurii, este necesar să se prevadă pe acestea amortizoare de zgomot [12].

Concluzii. Obiective ale cercetării vibroacustice a transmisiilor cu roți dințate

Din analiza anterioară se desprinde, în primul rînd, importanța considerării comportării vibroacustice a transmisiilor cu roți dințate ca parametru de calitate al proiectării, execuției și funcționării, mai ales în contextul utilizării pe scară largă a angrenajelor de puteri și turații ridicate. Pe de altă parte, considerațiile asupra vibroacusticii transmisiilor cu roți dințate au relevat necesitatea aplicării măsurilor active de protecție, ponderea efectului unor măsuri asupra nivelului global de zgomot, sau a spectrelor de frecvențe și — sub aspect general — deose-

[1]) În construcția carcaselor transmisiilor de putere apare de perspectivă utilizarea materialelor plastice, cu proprietăți deosebite de rezistență și amortizare internă, cum sînt cele armate cu fibre de carbon și whisker, neutilizate, încă, industrial datorită costului ridicat [14].

bita complexitate a studiului, definită de gama largă de aspecte care se cer analizate și de caracterul multidisciplinar al cercetării teoretice și experimentale.

În cadrul colaborării contractuale dintre Catedra de organe de mașini și mecanisme a Institutului Politehnic din București, și I.C.T.C.M. București, au fost abordate — în domeniul cercetării angrenajelor — problematica optimizării utilizării materialelor în construcția roților dințate și a stabilirii rezistențelor limită, precum și probleme tribologice cum sînt ungerea și griparea angrenajelor. Urmează să se studieze, în mod necesar, problemele cercetării vibroacustice a transmisiilor cu roți dințate.

Pe baza analizei la zi a cercetărilor întreprinse pe plan național și mondial privind metodele de cercetare teoretică și experimentală, **este necesar** să se stabilească :

a) metode teoretice de calcul la vibrații, care să fie normate pe plan național ;

b) metode experimentale de stabilire a parametrilor de vibrații și zgomot, în camere acustice de măsurări și la locul de funcționare, și de valorificare a rezultatelor ;

Un asemenea program va asigura una din cerințele de calitate care se impune tot mai mult la exportul produselor românești. În al doilea rînd, se creează condițiile practicării diagnosticării vibroacustice și ale recepției, pe baza caracteristicilor vibroacustice, ca modalități eficiente economic și aplicabile în cazul particular al transmisiilor cu roți dințate de înaltă portanță și turație.

N o t a ț i i

a_w — distanța dintre axe de lucru;
b_w — lățimea de lucru a coroanei dințate;
f_f — toleranța abaterii profilului dintelui;
f_z — frecvența angrenării;
F_n — forța normală la profil (evolventă);
i — raportul de transmitere;
k_γ — rigiditatea totală specifică echivalentă a danturii;
m — modulul;
m_n — modulul normal;
n — turația;
n_f — numărul de perioade ale abaterii profilului pentru o rotație a pinionului;
n_l — numărul de rotații ale pinionului în procesul de lepuire;
p_0 — pulsația proprie a angrenajului;
T — momentul de răsucire nominal;

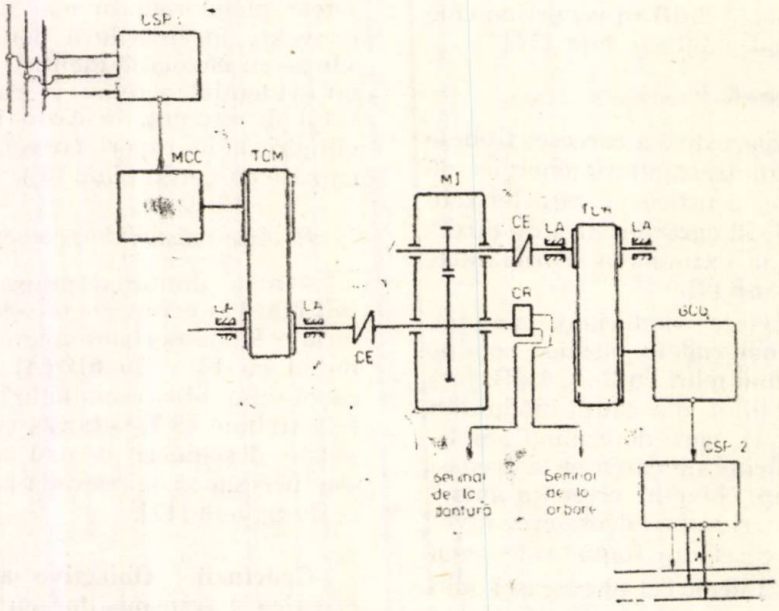


Fig. 13 Schema unui stand cu circuit închis electric pentru măsurări vibroacustice.
CSP 1 — convertor static de putere ; MMC — motor electric de curent continuu ; TCM — transmisie prin curea lată (multiplicatoare) ; LA — lagăr cu alunecare ; CE — cuplaj elastic ; MI — multiplicator de încercare ; CR — colector rotativ ; TCR — transmisie prin curea lată (reductoare) ; GCC — generator de curent continuu ; CSP 2 — convertor static de putere folosit ca invertor ; → legătură electrică.

c) instalații de încercare experimentală cuprinzînd standuri (un exemplu este redat în fig. 13), tipuri de angrenaje experimentale și aparatura necesară ;

d) nivele de referință — cu caracter de standard — pentru diferite tipuri de transmisii, condiții de funcționare și precizii de execuție și montaj.

w — deplasarea liniară relativă în sarcină și cvasistatică a roților;
x — coeficientul deplasării profilului;
x_n — coeficientul normal al deplasării profilului;
z — numărul de dinți;
α_w — unghiul de angrenare;
β — unghiul de înclinare de referință al danturii;

λ_P — abscisa punctului curent P (definit în [2]) de pe axa reală care are direcția liniei de angrenare, originea în pol și sensul spre ieșirea din angrenare;

1, 2 — indicele pinionului și, respectiv, al roții conjugate.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Baethge, J.:* Drehwegfehler, Zahnfederhärte und Geräusch bei Stirnrädern. Diss, TH München, 1969.

[2] *Dobre, G.:* Contribuții privind influența factorilor constructivi și tribologici asupra reducerii zgomotului angrenajelor cilindrice. Teză de doctorat, Institutul Politehnic din București, 1987.

[3] *Dobre, G.:* Criterii vibroacustice în proiectarea și execuția transmisiilor cu roți dințate. În: Construcția de mașini, 33 (1981), nr. 2, p. 157—166.

[4] *Dobre, G.:* Suma lungimilor liniilor de contact la angrenajul cilindric cu dinți înclinați în evolventă. În: St. cerc. mec. apl., tom 39, nr. 3, 1980, p. 421—430.

[5] *Drăgan, B.:* Contribuții la stabilirea posibilităților de reducere a zgomotului și vibrațiilor la cutiile de viteze ale mașinilor unelte. Teză de doctorat, Institutul Poltiehnic din Iași, 1987.

[6] *Gafitanu, M., Drăgan, B., Hostiuc, L.:* Izolarea antivibratorie în transmisiile cu roți dințate. În: „Realizări în proiectarea, execuția și controlul angrenajelor", Craiova, 1986, vol. II, p. 284—289.

[7] *Herman, J.:* Über den Einfluss der Gehäuses auf die Schallabstrahlung von Stirnradgetrieben und konstruktive Massnahmen für Geräuschminderung. In: Ind. — Anz., 85 (1963), nr. 89, p. 1989—1996; 86 (1964), nr. 2, p. 25—32.

[8] *Hermann, J., Timmers, J.:* Geräuschuntersuchungen als Hilfsmittel der Fertigungskontrolle. In: Ind. — Anz., 87 (1965), nr. 17, p. 39—45.

[9] *Hösel, T.:* Geräuschuntersuchungen an schrägverzahnten Stirnrädern imt Evolventenverzahnung. Diss, TH München, 1965.

[10] *Knabel, W.:* Geräusche und Schwingungen an Stirnradgetrieben. Diss, TU München, 1976.

[11] *Lanzerath, G.:* Untersuchungen über das Geräusch — und Schwingungsverhalten schnellaufender Stirnradgetriebe. Diss, TH Aachen, 1970.

[12] *Niemann, G., Winter, H.:* Maschinenelemente. Band II. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York—Tokyo, 1985.

[13] *Opitz, H.:* Fertigungsgenauigkeit und Geräusch. In: VDI—B, 1961, nr. 47, p. 71—82.

[14] *Opiez, H.:* Moderne Produktionstechnik. Essen, Verlag W. Girardet, 1970.

[15] *Pagel, J.:* Innere dynamische Kräfte von einstufigen Stirnradgetrieben mit Schrägverzahnung. Diss. TU Dresden, 1972.

[16] *Peeken, H., Troeder, C., Diekhans, G.:* Parametererregte Getriebeschwingungen. In: VDI—Z, 122 (1980), nr. 20, p. 869—877, nr. 21, p. 967—977; nr. 22, p. 1029—1043; nr. 23—24, p. 1101—1113.

[17] *Rădulescu, G.:* Organe de mașini. Angrenaje cilindrice. Vol. II. Institutul Politehnic din București, 1979.

[18] *Rădulescu, G.:* Untersuchungen über den Einfluss der Profilrücknahme auf die Zahnverformung und das Geräusch geradverzahnter Stirnräder. Diss, TU Dresden, 1966.

[19] *Schlaf, G.:* Beitrag zur Steigerung der Tragfähigkeit und Laufruhe geradverzahnter Stirnräder, durch Profilrücknahme. Diss. TU Dresden 1962.

[20] *Stölzle, K., Winter, H.:* Tragfähigkeitsberechnung von Zahnradgetrieben. In: Antriebstechnik, 10 (1971), nr. 2, p. 35—41.

[21] *Winter, H., Seifried, A., Ill, M.:* Einfluss von Verzahnungsgenauigkeit und Oberflächenstruktur der Zahnflanken auf das Geräuschverhalten von Stirnrädern. In: VDI—Z, 107 (1965), p. 245—255.

[22] *Ziegler, H.:* Verzahnungssteifigkeit und Lastverteilung schrägverzahnter Stirnräder. Diss, TH Aachen, 1971.

[23] x x x: DIN 45635, Bl. 1 (1972). Geräuschmessung an Maschinen. Luftschallmessung: Hüllflächen-Verfahren, Rahmen-Messvorschrift.

[24] x x x: DIN 45635, Teil 23 (1978). Geräuschmessung an Maschinen. Luftschallmessung: Hüllflächen-Verfahren, Getriebe.

[25] x x : ISO/R 495 (1966). General requirements for the preparation of test codes for measuring the noise emitted by machines.

[26] x x x: TGL 19—11040/01 (1978). Zahnradgetriebe; Geräuschmessungen; Messverfahren zur Ermittlung des Schalleistungspegels.

[27] x x x: TGL 19—11040/02 (1978). Zahnradgetriebe; Geräuschmessungen; Messwerterfassungs — und Auswertungsblatter zur Ermittlung des Schalleistungspegels.

[28] x x x: VDI 2159 (1970). Getriebegeräusche. Messverfahren-Beurteilung. Messen und Auswerten. Zahnbeispiel.

CZ : 658.562

SAC — concept și tehnologie în industria de rulmenți

Ing. Alexandru **FILIP**, ing. Sergiu **GHERASIM**, ing. Ion **DRĂGHICI**, ing. Petru V. **ACHIRILOAIE**, ing. Carmen **MITU** — C.C.S.I.T.R.O.A. Brașov

Ing. Virgil **NECȘOIU** — C.I.R.O.A. Brașov

În ultimul timp se încearcă sublinierea importanței legăturilor existente între asigurarea calității, standarde și legi, precum și necesitatea unei aprofundări, din punct de vedere profesional, a tuturor aspectelor pe care acestea le implică.

Complexitatea și costurile actuale destinate dezvoltării producției și întreținerii echipamentelor moderne accentuează nevoia de integrare a acestor obiective, în mod eficient, în fazele de proiectare, cercetare, producție și marketing, pentru a se putea asigura calitatea solicitată de beneficiar.

Pentru o mai bună înțelegerea tuturor aspectelor ce trebuie avute în vedere, în figurile 1 și 2 se redau cîțiva din factorii determinanți, precum și cîteva caracteristici ce concură la dobîndirea calității unui produs sau serviciu.

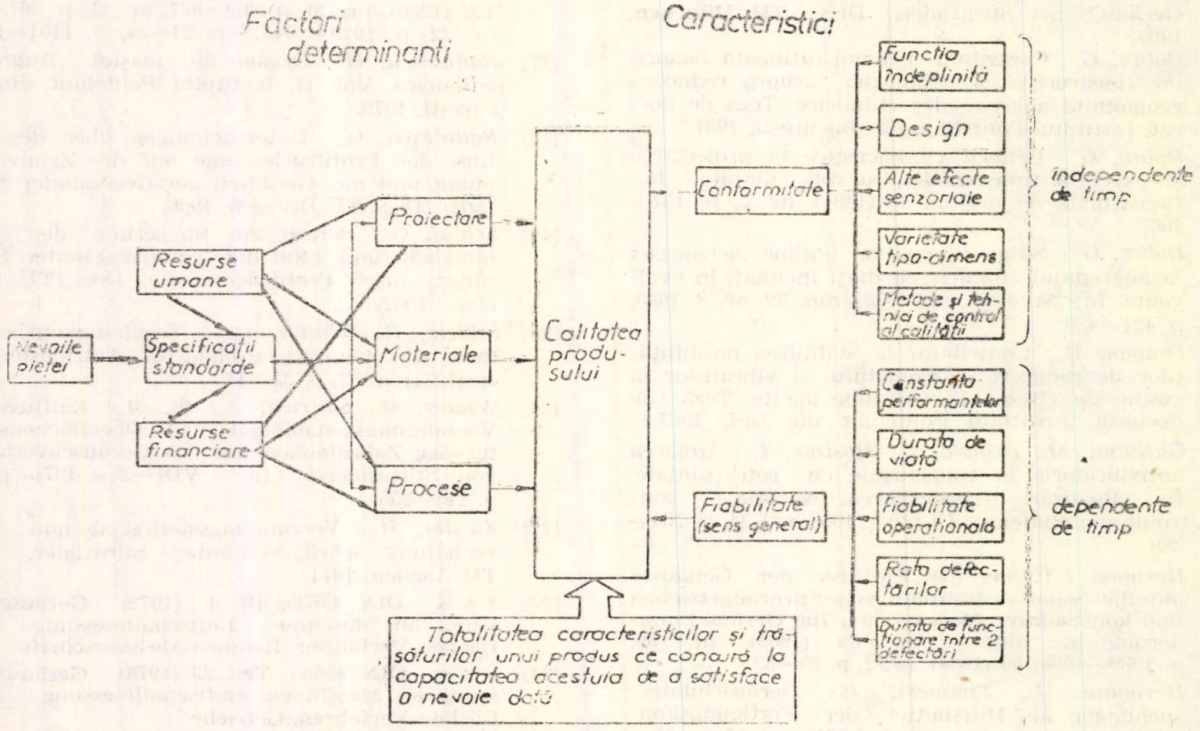


Fig. 1 Principalii factori determinanți și caracteristici ai calității unui produs.

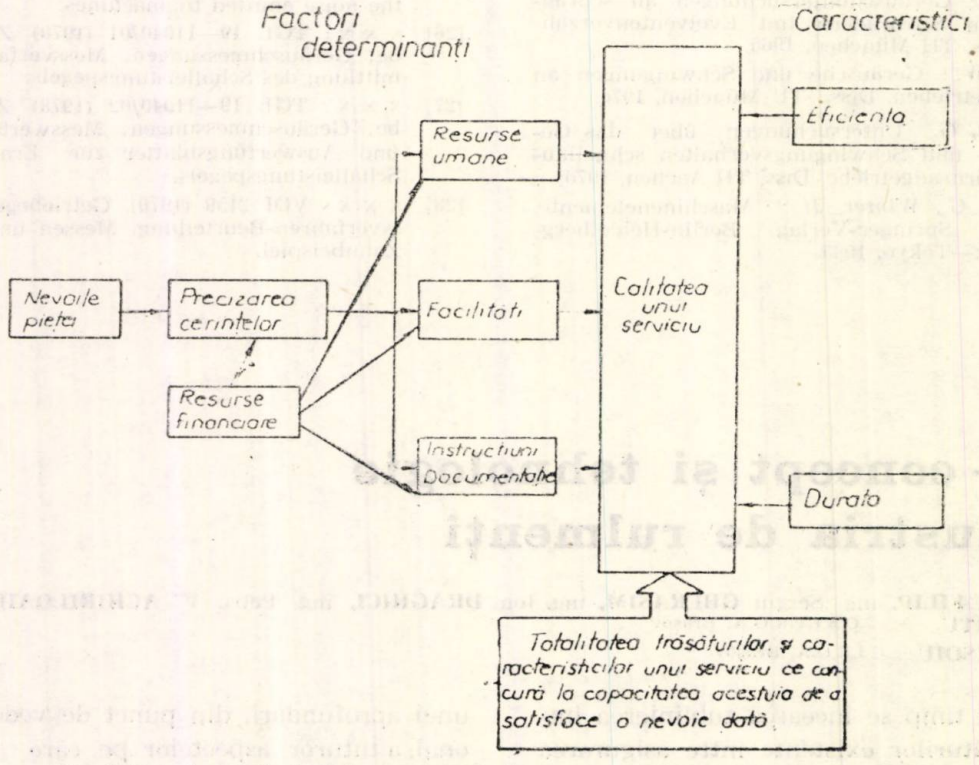


Fig. 2 Principalii factori determinanți și caracteristici ai calității unui serviciu.

În ultimii ani au apărut concepute, discipline și tehnici, noi, în scopul atingerii acestor obiective. Aceste concepte sînt de comun acord denumite „controlul" sau „asigurarea calității".

În prezentul material, „asigurarea calității" este definită ca totalitatea activităților și funcțiilor care au ca scop realizarea calității (unii o denumesc „control total al calității") și nu doar în sensul restrîns de certificare pe care îl sugerează cuvîntul „asigurare". Astfel privit, termenul se referă la toate sarcinile care decurg din acest obiectiv, începînd cu cunoașterea nevoilor pieții (ale beneficiarilor) și terminînd cu livrările și expedierea, care implică forme de cooperare și colaborare cu beneficiarii sau subfurnizorii, sau supraveghere de către organizații independente autorizate să certifice calitatea.

„Controlul calității" este definit ca „un sistem de programare și coordonare a eforturilor diferitelor grupuri din cadrul unei organizații (întreprinderi), pentru a menține și îmbunătăți calitatea, cu eforturi economice care să asigure satisfacerea beneficiarilor".

Astfel definit, controlul calității este subordonat asigurării calității și anume face parte integrantă din aceasta și nu poate fi considerat ca o anexă.

Fără pretenția de a asigura adoptarea unui anumit sistem organizatoric, figura 3 prezintă cîteva elemente de bază implicate în „asigurarea calității", precum și inter-relaționările între acestea.

În ierarhizarea deciziilor care au ca obiectiv controlul funcționării unei unități, deciziile de bază sînt de primă importanță în acționarea unui ciclu de dezvoltare stimulat de cerințele obiective și vor conduce la stabilirea unui program și plan de asigurare a calității.

Se afirmă tot mai des primatul „construirii" calității asupra „verificării" acesteia. Această afirmație pleacă de la premiza că proiectele/specificațiile trebuie să satisfacă niște cerințe date: dacă această premiză nu este respectată (proiecte neadecvate datorită unor calcule de dimensionare incorecte, materialelor necores-

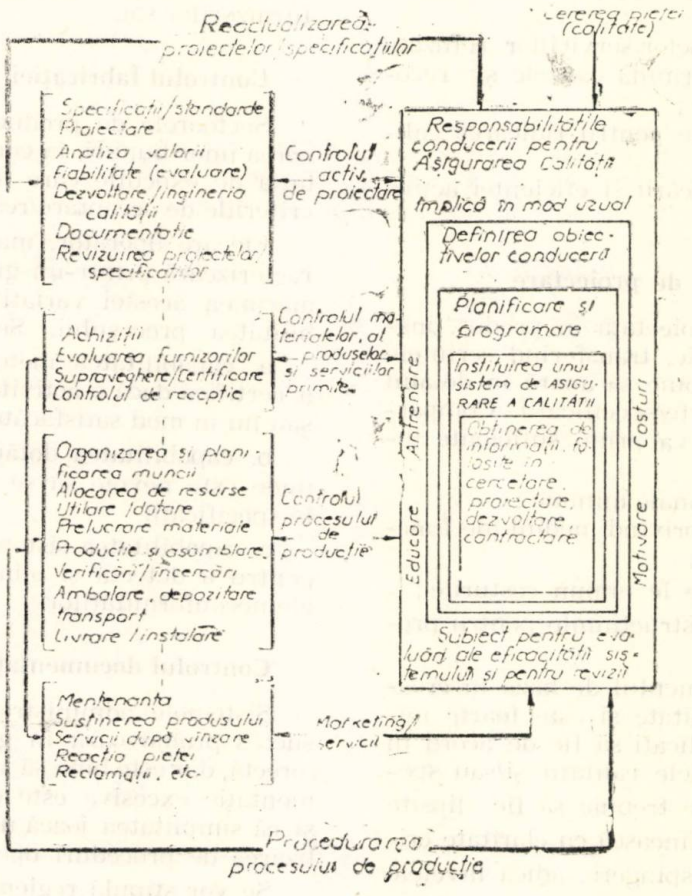


Fig. 3 Elementele de bază ale procesului de realizare a produselor implicate în sistemul de asigurare a calității produselor.

punzătoare, neacordării importanței cuvenite condițiilor de funcționare și mediu), produsul rezultat va fi rareori corespunzător, deși procesul de fabricație și controlul producției au fost bine elaborate.

Planificarea și programarea

Conducerea trebuie să stabilească și să utilizeze un program de asigurare a calității, care este planificat și realizat în acord cu celelalte activități, care să fie eficient, deschis pentru evaluări și revizii ulterioare, deci dinamic. Programul și planul de asigurare a calității constituie legătura dintre necesitățile beneficiarului (pieții) și posibilitățile tehnico-economice ale producătorului.

Controlul de calitate

Principiile și modelul general al acțiunilor de control al calității sînt bine cunoscute, diferențele datorîndu-se doar dimensiunilor și specificului activității respective. Se vor avea în vedere :

a — stabilirea/măsurarea calității unui produs/serviciu;

b — recepția produsului/serviciului;

c — refuzul (respingerea) produsului/serviciului ;

d — revizia produselor/serviciilor refuzate pentru a se putea determina cauzele și recomanda acțiuni corective ;

e — acțiuni adecvate pentru ridicarea calității ;

f — verificarea aplicării și eficienței acțiunilor corective.

Controlul activității de proiectare

Calitatea trebuie proiectată în produs, înainte de faza de execuție, transferînd cerințele beneficiarului (care trebuie să apară în detaliu în program) în proiecte/specificații. Compartimentul de proiectare va primi suficiente informații privind :

a — cerințele funcționale minime ;

b — toate cerințele privind mediul (de funcționare și înconjurător) ;

c — limitele pe care le impun costurile ;

d — specificațiile/instrucțiunile pentru producție/fabricație.

Proiectarea este elementul de bază în crearea unui produs de calitate și este foarte important ca toți cei implicați să fie de acord în ceea ce privește aspectele calității și/sau specificațiile rezultate, care trebuie să fie lipsite de ambiguitate și să definească cu claritate criteriile de recepție și respingere, adică nivelele calității.

Neglijarea unor condiții, în faza de proiectare, sau erorile comise în această fază pot avea consecințe foarte grave și în general au efecte mai mari decît o execuție slabă.

Avîndu-se în vedere importanța acestei faze, se vor dezvolta prevederi precise privind :

a — proiectarea de detaliu ;

b — specificațiile privind producția/fabricația ;

c — siguranța în funcționare;

d — fiabilitatea previzională și operațională;

e — perfecționarea proiectării (prin preluarea rezultatelor cercetărilor, măsurărilor și încercărilor, exploatării etc.);

f — proceduri de revizuire a proiectelor/specificațiilor.

Controlul aplicat materialelor, produselor și serviciilor primite

Producătorul — care devine acum beneficiar — trebuie să se asigure că toate produsele/serviciile primite de la sub-furnizori sînt conforme cu cerințele specificate.

În consecință, el trebuie să fie sigur că se exercită un control eficient și intră în responsabilitatea sa să controleze și să supravegheze, cu ajutorul personalului propriu, producția furnizorilor săi.

Controlul fabricației/producției

Sectoarele de producție răspund de producerea unor bunuri, în conformitate cu documentația de execuție care trebuie să conțină toate criteriile de acceptare/respingere corect definite.

Fiecare operator, mașină sau proces se caracterizează printr-un grad de variabilitate, iar mărimea acestei variații este denumită capabilitatea procesului. Se stabilesc :

a. capabilitatea metodelor de lucru pentru a certifica dacă o activitate poate fi îndeplinită sau nu în mod satisfăcător.

b. capabilitatea dotărilor existente și acolo unde este nevoie să se aducă la nivelul cerut în specificații.

c. capabilitatea sistemului, în mod continuu, pentru a detecta și elimina cauzele potențiale ale neconformităților.

Controlul documentației

Sistemele administrative și de control de succes promovează în general o documentație corectă, dar este bine să se menționeze că o documentație excesivă este defavorabilă producției și că simplitatea joacă un rol important în realizarea de proceduri operaționale corecte.

Se vor stipula reglementări precise privind:

a — instrucțiunile de lucru ;

b — controlul modificărilor, sesizarea neconfirmităților și adoptarea de acțiuni corective ;

c — înregistrările de calitate;

d — manualele de calitate — documentele ce stabilesc politica și strategia în domeniul calității.

Concluzii

Elementele de noutate privind „asigurarea calității" în industria mondială de vîrf a construcțiilor de mașini pot fi rezumate astfel :

a. Noțiunea „calitate" este înțeleasă într-un sens larg definită ca aptitudine de utilizare, sau capacitatea produsului de a îndeplini o anumită nevoie socială sau de piață, în opoziție cu definiția uzuală de conformanță față de anumite prescripții care are un caracter restrîns.

b. Astfel înțeleasă, calitatea se construiește pe tot procesul de concepție și fabricație a produsului ; verificarea calității este numai un segment al procesului complex de asigurare a calității. La asigurarea calității participă toate verigile procesului de cercetare-proiectare-producție-urmărire în exploatare.

c. Verificarea calității este o componentă a procesului de producție. Fiecare operație care se face pe parcursul procesului de producție trebuie verificată. Pentru a realiza un acord optim între cheltuielile de verificare și nivelul de calitate asigurat, verificările trebuie efectuate cu tehnologii adecvate.

d. Tehnologiile avansate de producție necesită tehnologii avansate de control.

Conceptul sistemului de asigurare a calității (SAC) a apărut ca o consecință directă a acestei noi înțelegeri, dialectice, a calității produsului prin calitatea procesului. Prin SAC se înțelege, astfel, ansamblul de măsuri tehnico-organizatorice inițiate pentru ridicarea la un înalt nivel a calității procesului de producție și de menținere în timp a acestui nivel. Cu alte cuvinte, văzut ca un sistem dinamic, SAC este un sistem de construire a calității.

Extinderea sferei de cuprindere a categoriei de calitate, precum și axioma „calitatea produselor sau serviciilor este o consecință a calității proceselor de elaborare a lor", conduc la definiția care ni se pare cea mai ilustrativă : **calitatea este o stare de spirit, o mentalitate.**

BIBLIOGRAFIE

[1] *Juran, J.M.* : Calitatea produselor, Editura Tehnică, București, 1973.

[2] *Vasiliu, F.* : Controlul modern al calității produselor, Editura Ceres, București, 1987.

[3] *Baron, T.* : Calitatea și fiabilitatea produselor, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1976.

[4] *Gherasim, S. ș.a.* : Sistem de asigurare a calității — SAC. În Buletin de documentare, Intreprinderea „Rulmentul" Brașov, nr. 1, 1987, pag. 3.

[5] x x x : SAC 0.1. Funcțiunile Sistemului de Asigurare a Calității, M.I.C.M.—I.C.C.M., O.I.D.—I.C.M., 1986.

[6] x x x : SAC 0.2. Definiții. Noțiuni de bază. M.I.C.M.—I.C.C.M. O.I.D.—I.C.M., 1986.

[7] x x x : SAC 0.3. Conținutul Manualului de Asigurare a Calității, M.I.C.M.—I.C.C.M., O.I.D.—I.C.M., 1986.

[8] x x x : Instrucțiuni generale de control. Inspectoratul General de Stat pentru Controlul Calității Produselor, București, 1986.

[9] x x x : STAS 10055-76 : Calitatea produselor. Terminologie.

[10] x x x : BS 4891—1972 : A guide to quality assurance.

[11] x x x : BS 4778—1979 : Glossary of terms used in quality assurance (including reliability and maintainability terms).

CZ : 658.562 : 621.9

Urmărirea calității reglajului mașinilor-unelte în producția de serie, cu ajutorul calculatoarelor de tip personal

Dr. ing. Gerhard **PURI**, ing. Adrian **PUGNA**, ing. Călin **GHERESCU** — Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara

Introducere

Dezvoltarea impetuoasă a industriei zilelor noastre a adus cu sine o mărire progresivă a activităților industriale, fapt care impune în mod obiectiv folosirea unor metode moderne, fundamentate științific, de organizare, conducere și control eficient al acestora. O caracteristică pregnantă a etapei actuale de analiză a proceselor industriale o constituie utilizarea metodelor matematice oferite de statistica matematică și teoria probabilităților.

Avînd în vedere că apare tot mai mult necesitatea asigurării, ca factor esențial, a calității proceselor tehnologice ce contribuie la realizarea produselor, este practic imposibilă aprecierea calității unui proces complex fără utilizarea metodelor statisticii matematice. Nevoia unei precizii de fabricație tot mai ridicate, a realizării unor loturi mari de piese în limite de toleranțe cît mai strînse, impune cerințe tot mai ridicate reglajelor mașinilor de lucru.

În lucrare se propune o metodă de analiză a calității reglajului mașinii prelucrătoare, prin analiza valorii medii a unei dimensiuni caracteristice a pieselor fabricate în serie.

Principiul metodei

Fie $\bar{x}_1$ iș $\bar{x}_2$ valorile medii ale unei dimensiuni caracteristice, măsurate la un anumit interval de timp, la loturi de piese identice, fa-

bricate pe aceeași mașină în cadrul unui proces de fabricație. Este probabil ca valorile medii să difere între ele, chiar dacă obiectele fac parte din aceeași mulțime de bază. Diferența dintre ele poate să fie un joc al întîmplării (erori de măsurare sau jocuri din mașina prelucrătoare), dar există și posibilitatea ca diferența să provină dintr-o dereglare a mașinii, caz în care cele două loturi de piese fac parte din mulțimi de bază diferite (fig. 1), deci cele două medii ideale μ_1 și μ_2 sînt diferite.

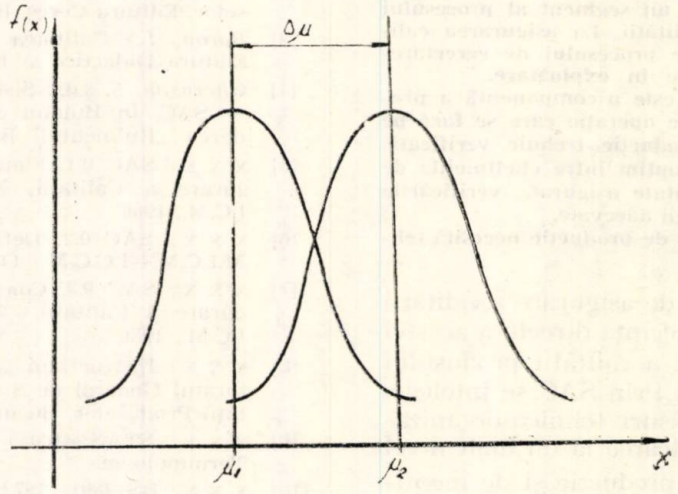


Fig. 1 Distribuția rezultatelor măsurărilor, în funcție de precizia și centrarea procesului de lucru al mașinii.

Pe baza analizei rezultatelor măsurărilor, este necesar să se poată trage concluzii asupra necesității refacerii reglajului mașinii sau nu.

Dacă cele două valori medii provin din aceeași mulțime de bază, deci au aceeași medie ideală μ, atunci mărimea :

$$t = \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \cdot \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{(n_2 - 1) S_1^3 + (n_2 - 1) S_2^2}} \qquad (1)$$

face parte dintr-o distribuție t (student), unde $\bar{x}_1$ și $\bar{x}_2$ sînt valorile medii, iar S_1 și S_2 sînt abaterile medii patratice experimentale ale celor două mulțimi formate din n_1 respectiv n_2 obiecte.

Pentru distribuția t (student) se poate calcula probabiltatea cu care mărimea $t_0 = |t|$ depășește limitele $\pm C$. Din tabelul distribuției t (student), se determină cu limitele de semnificație $C = t_0$ probabilitatea P [%] cu care variabila $|t| < C$, avînd ca parametru gradul de libertate :

$$n_f = n_1 + n_2 - 2 \qquad (2)$$

Diferența valorilor medii este asigurată statistic dacă semnificația este suficient de mică (P [%] $\leq$ 1 [%]) și se poate accepta o abatere sistematică între cele două medii, deci reglajele mașinii s-au dereglat.

În cazul în care P [%] $\geq$ 10 [%], se poate considera că valorile medii fac parte din aceeași mulțime de bază și mașina lucrează corect.

Pentru P [%] $\in$ (1,10) [%], diferența e mai puțin sigură și măsurările trebuie repetate, eventual pe loturi de piese mai mari.

Stabilirea numărului necesar de piese ce trebuie prelevate din lot

Dacă se notează cu S și $\bar{X}$ abaterea pătratică și valoarea medie a dimensiunii caracteristice celor N obiecte din seria completă, iar cu s și $\bar{x}$ aceiași parametri pentru cele n obiecte prelevate, este evident că s și $\bar{x}$ sînt variabile aleatoare (cele n obiecte au fost prelevate aleator din totalitatea celor N obiecte). Pe de altă parte, s și $\bar{x}$ se pot considera ca valori aproximative pentru S și X. Se poate arăta [1] că abaterea medie pătratică a valorilor individuale ale diverselor prelevări este:

$$s_{\bar{x}} = \frac{s}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{N - n}{N - 1}} \qquad (3)$$

Această mărime $s_{\bar{x}}$ este o măsură a împrăștierii valorii aproximative $\bar{x}$ și, în același timp, o măsură a preciziei de apreciere a mediei $\bar{X}$ a mulțimii de bază.

Acceptînd o distribuție normală pentru mulțimea de N obeicte cît și pentru valorile medii $\bar{x}$, se pot stabili limitele de încredere pentru valoarea $\bar{x}$, cu siguranța statistică :

$$P(|\bar{X} - \bar{x}| \leq C); \quad C = a s_{\bar{x}} \qquad (4)$$

Din distribuția normală se poate determina probabilitatea cu care :

$$\overline{X} - as_{\overline{x}} \leqslant x \leqslant \overline{X} + as_{\overline{x}} \qquad (5)$$

În cazul de față problema se pune invers.

Acceptînd $s_{\overline{x}}$ ca cerință de precizie, se cere numărul necesar n de piese prelevate pentru a o realiza. Din relația (3) rezultă :

$$n = \frac{s^2}{s_{\overline{x}}^2 + \frac{s^2}{N^2}} \qquad (6)$$

(s-a aproximat $N-1 \approx N$).

Admițînd $C_{\overline{x}} = a \cdot s_{\overline{x}}$ ca abaterea întîmplătoare maximă admisibilă a mediei mărimii caracteristice măsurate, relația (6) devine :

$$n = \frac{a^2 \cdot s^2}{C_{\overline{x}}^2 + \frac{a^2 \cdot s^2}{N}} = \frac{N}{1 + \left(\frac{C_{\overline{x}}}{a \cdot s}\right)^2 \cdot N} \qquad (7)$$

În general nu se cunosc date exacte asupra abaterilor S și s. Se recomandă a se face o cercetare preliminară cu un număr redus de piese ($n_1 \leqslant 30$), în scopul determinării unei valori aproximative pentru s.

În cazul unei distribuții normale și notînd cu $R = x_{max} - x_{min}$, cîmpul de toleranță al mărimii caracteristice măsurate acceptînd că în intervalul R sînt aproximativ 99% din valori rezultă [1] :

$$s = 0{,}194\ R \qquad (8)$$

Valoarea pentru a rezultă din distribuția normală pentru siguranța statistică adoptată (de ex. : $a = 2{,}58$ la siguranța statistică 99%).

Modul de prelevare a probelor

Se poate accepta drept cea mai expeditivă metoda alegerii sistematice cu strat întîmplător, pe baza tabelului cifrelor întîmplătoare. Tabelul cifrelor întîmplătoare conține cifrele 0, 1, 2 ... 9, într-un amestec în care fiecare cifră poate fi extrasă din colectivitatea de cifre cu probabilitatea de 0,1. Se procedează astfel : se alege la întîmplare un număr ce va servi ca punct de plecare și se extrag cifrele în direcția și în sensul fixat dinainte (de la stînga la dreapta sau de la dreapta la stînga, sau de sus în jos etc.). Se calculează pasul între două piese :

$$p = \frac{N}{n} \qquad (9)$$

Se alege numărul j al primei piese; în conformitate cu pasul p, se stabilește cîte cifre ale numerelor din tabel sînt semnificative. Piesele prelevate vor avea numerele de ordine :

$$j\ ;\ j \pm p\ ;\ j + 2p\ ;\ \ldots .\ j + (n-1)\ p. \qquad (10)$$

Programul pentru calculator

Operațiile preliminare necesare sînt':

— alegerea dimensiunii de măsurat ;

— stabilirea numărului de piese n_1 și n_2 din cele două loturi N_1 respectiv N_2 ;

— alegerea și măsurarea celor n_1 respectiv n_2 piese ;

— introducerea datelor în calculator.

Desfășurarea programului scris pentru calculator este redată în organigrama din figura 2.

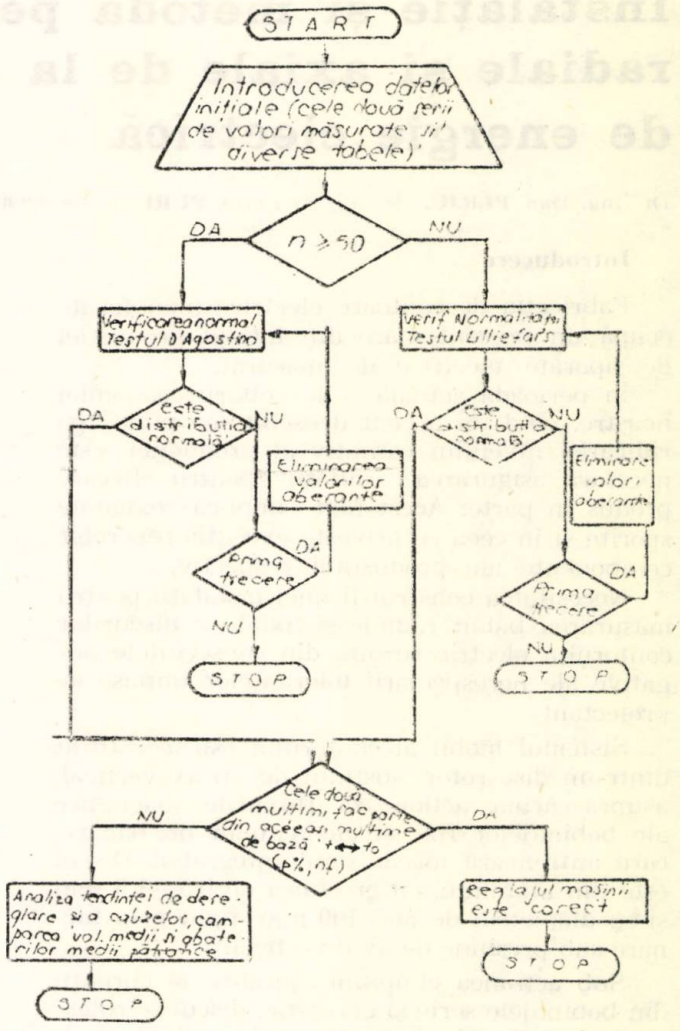


Fig. 2 Organigrama programului pentru analiza statistică a calității fabricației unor produse finite, prin indicatori de calitate.

— calculatorul verifică normalitatea rezultatelor măsurărilor (textul D'Agostino sau Lilliefors) eliminînd, dacă este cazul, eventualele valori aberante ;

— se calculează t și se compară cu t_0, funcție de probabilitățile P_1 [%] = 1 [%], respectiv P_2 [%] = = 10% cu parametru gradul de libertate n_f ;

— dacă $|t| < t_0$ (P_1 [%], n_f) cele două valori medii nu diferă significant, cele două serii de piese fac parte din aceeași mulțime, mașina lucrează corect ;

— dacă $|t| \geqslant t_0$ (P_2 [%], n_f) cele două valori medii diferă significant, mașina de lucru este dereglată sau s-a produs o uzură a sculei ;

— **comparînd valorile medii și abaterile medii patratice, se pot trage concluzii asupra dereglărilor sau tendințelor de dereglare ale mașinii.**

BIBLIOGRAFIE

[1] *Schwarz, H.*: Stichprobenverfahren, Verlage Die Wirtschaft, Berlin, 1975.

[2] *Iliescu, D.V.*: Statistică și toleranțe, Editura Tehnică, București, 1977.

[3] *Vasiliu, F., Verciuc, N.*: Metode grafice de analiză a calității produselor, Editura „Ceres", București, 1983.

[4] x x x: Controlul statistic al calității producției, STAS Colecție, Editura Tehnică, București, 1976.

CZ : 658.562 : 621.317.78

Instalație și metodă pentru măsurarea bătăii radiale și axiale de la discurile contoarelor de energie electrică

Dr. ing. Dan **PERJU**, dr. ing. Gerhard **PURI** — Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara

Introducere

Fabricația de contoare electrice monofazate ocupă un procent mare din totalul producției de aparate electrice de măsurat.

În perioada actuală a dezvoltării economiei noastre, cînd un accent deosebit se pune pe ridicarea nivelului calitativ al producției, este necesară asigurarea calității pentru fiecare produs în parte. Acest fapt implică exigențe sporite și în ceea ce privește execuția reperelor componente ale produsului respectiv.

Necesitatea construirii unei instalații pentru măsurarea bătăii radiale și axiale a discurilor contorului electric rezultă din consecințele negative ale nerespectării toleranțelor impuse de proiectant.

Sistemul mobil al contorului este constituit dintr-un disc rotor, susținut de un ax vertical, asupra căruia acționează fluxurile magnetice ale bobinajelor fixe și elementelor de frînare, care antrenează mecanismul integrator. Discul este din aluminiu, cu grosimea de 0,5—1,5 mm și cu diametrul de 80—100 mm, fixat prin turnare sub presiune de axul vertical.

Sub acțiunea cîmpului produs de curenții din bobinajele serie și derivație, discul se rotește în întrefierul electromagneților și al magnetului permanent.

Dacă cerințele impuse de proiectant — referitoare la bătaia radială și axială — nu sînt respectate, se modifică poziția discului în întrefierul electromagneților, ceea ce are drept consecință modificarea fluxului magnetic care străbate discul și, prin urmare, o funcționare necorespunzătoare.

În lucrare se prezintă o instalație și o metodă pentru determinarea bătăii radiale și axiale la discurile contoarelor electrice, care folosește mijloace de măsurare pneumatice, datorită avantajelor pe care le prezintă acestea (simplitate, robustețe, reglare ușoară, forță de măsurare mică, traductoare de o varietate mare, adaptabilitate mare, servire simplă și, nu în ultimă instanță, precizie de măsurare ridicată).

Prezentarea schemei cinematice a instalației de măsurare și posibilități de realizare practică

În principiu, schema cinematică a instalației (fig. 1) trebuie să asigure translația palpatorului pneumatic fără contact, **4**, pentru măsurarea bătăii axiale, pe o direcție paralelă cu axul discului 8 și translația palpatorului cu contact **10**, pentru măsurarea bătăii radiale, pe direcție perpendiculară pe axul discului, cu posibilitate de reglare și de-a lungul axului

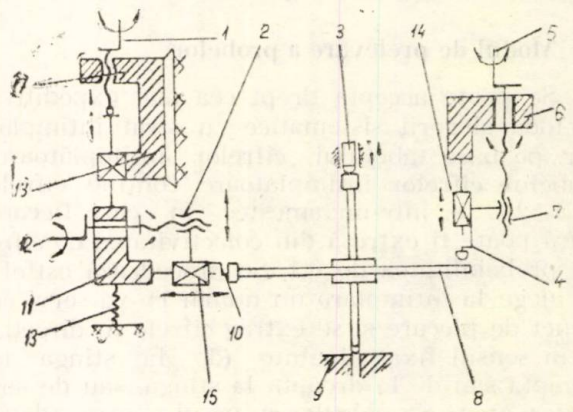


Fig. 1 Schema cinematică a instalației pentru măsurarea bătăii radiale și axiale a discurilor contoarelor electrice.

discului, pentru a se putea măsura diferite construcții de discuri. Poziționarea palpatoarelor trebuie realizată astfel încît palpatorul fără contact să fie perpendicular pe disc, iar cel cu contact perpendicular pe axa discului, axa palpatorului trebuind să treacă prin centrul discului.

Translația în lungul axei palpatoarelor se face printr-o combinație de cuplă cinematică de translație **15** și șurub-piuliță **12—2**, respectiv **14** și **5—7**, iar deplasarea în lungul axului discului a palpatorului cu contact, cu ajutorul cuplei de translație **13**, a cuplei șurub-piuliță **1—17**, revenirea fiind asigurată de arcul **16**. Pentru a se respecta condițiile reale de funcționare a discului în contor, lagărele acestuia în instalație (**9** și 3) sînt identice cu cele din contor, lagărul superior 3 avînd însă posibilitate de translație pe verticală pentru a ușura schimbarea discurilor.

În figura 2 este redată o posibilitate practică a schemei cinematice din figura 1, pentru palpatorul cu contact.

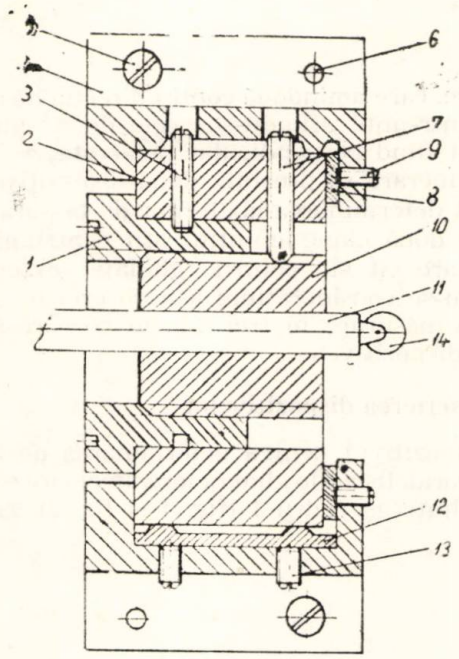


Fig. 2 Realizarea practică a poziționării palpatorului cu contact.

Ansamblul de susținere a palpatorului se poate translata pe verticală în două ghidaje frezate în coloanele **4**, fixate prin șuruburile **5** și știfturile **6** de placa de bază a instalației, jocurile din ghidaje fiind preluate de plăcile **8**, respectiv **12** și știfturile filetate **9** respectiv **13**. Mișcarea este comandată de șurubul **1** (fig. 1) și arcul **16** (fig. 1), nereprezentate în figura 2, ele aflîndu-se deasupra, respectiv sub secțiunea din figura 2.

Translația în lungul axei palpatorului se face prin rotirea piuliței **1**, fixate axial prin știftul **3**, care obligă piesa **10**, filetată exterior și care cuprinde palpatorul **11**, să se efectueze o translație axială, deoarece rotirea este împiedicată de știftul **7** care intră într-un canal longitudinal de pe piesa **10**. Pentru a avea acces la știfturile **3** și **7**, în lungul ghuidajului **4** sînt frezate niște canale corespunzătoare.

Translația în lungul axei sale a palpatorului fără contact se realizează în același mod (fig. 3), cu deosebirea că ansamblul de susținere a palpatorului este fix.

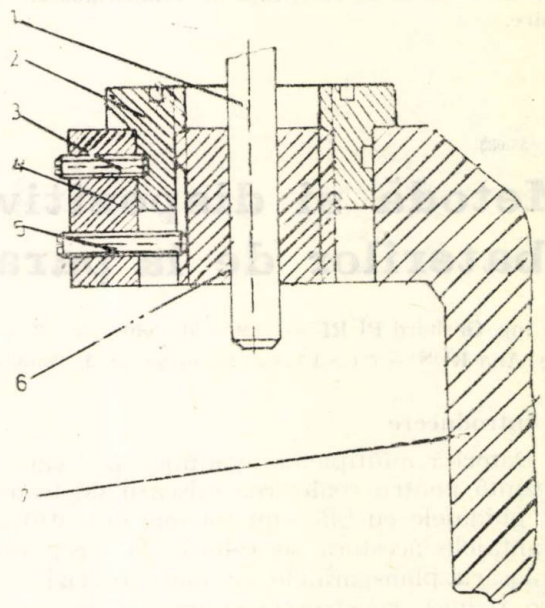


Fig. 3 Realizarea practică a poziționării palpatorului fără contact.

Palpatorul cu contact **11** (fig. 2) poartă un rulment radial cu bile (d_e = 8) mm care urmărește conturul discului.

Este evident că reglajele descrise mai sus se fac o singură dată pentru un tip de disc, instalația rămînînd apoi în aceeași stare pentru un șir de măsurări.

Metoda de măsurare

Pentru măsurarea propriu-zisă, discul 8 (fig. 1) se fixează în lagărele **9** și **3**, lagărul 3 putîndu-se deplasa pe verticală, avînd o cursă de aproximativ 20 mm.

Fixarea se realizează datorită apăsării lagărului superior de către un element elastic.

Rotind cu o cheie specială piesa 2 (fig. 3), palpatorul pneumatic fără contact **1** este adus în apropierea discului, în zona unde se măsoară bătaia axială, pînă se stabilește interstițiul de măsurare (în concordanță cu domeniul de măsurare dorit).

După stabilirea interstițiului de măsurare (se presupune comparatorul reglat), se comandă accesul aerului în zona de măsurare. Rotind încet discul cu mîna, se poate citi bătaia axială pe cadranul comparatorului pneumatic. Dacă bătaia axială se încadrează în limitele prescrise, se trece la măsurarea bătăii radiale.

Măsurarea bătăii radiale se face similar, doar că apropierea palpatorului se face pînă la consumarea intenstițiului dintre duză și palpatorul mecanic cu rulment radial.

Concluzii

Instalația și metoda descrise în lucrare prezintă o serie de avantaje legate, în primul rînd, de forțele de măsurare mici ale comparatoarelor pneumatice, care elimină o sursă de erori față de comparatoarele mecanice.

Inerția comparatoarelor pneumatice este mult mai mică, ceea ce permite accelerarea măsurărilor. Deoarece comparatoarele pneumatice sînt echipate cu contacte electrice și ieșire pentru comenzi exterioare, instalația poate fi ușor automatizată, operatorului nerămîndu-i altceva de făcut, decît a alimenta instalația cu discuri noi, sortarea celor măsurate putîndu-se face automat.

CZ : 53.083

Metodă și dispozitive pentru măsurarea abaterilor de la paralelism la ghidajele cu bile

Dr. ing. Gerhard **PURI** — Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara
Ing. Ana **RUS** — C.C.S.I.T.A.C. București, at. 5, Timișoara

Introducere

Datorită multiplelor avantaje pe care le prezintă pentru realizarea mișcării de translație, ghidajele cu bile sînt tot mai des utilizate. Avantajele acestora se referă la asigurarea deplasării plan-paralele cu mare precizie, frecare redusă, construcție simplă.

Pentru buna funcționare a acestor ghidaje, este însă necesară realizarea cu anumite abateri limită a paralelismului acestora, existînd pericolul înțepenirii lor sau funcționării cu jocuri. Pentru a preveni aceste situații și a asigura calitatea necesară ghidajelor cu bile, este necesară realizarea unor dispozitive de verificare a paralelismului ghidajelor în două plane perpendiculare, care amîndouă conțin direcția de deplasare, într-unul aflîndu-se cele două ghidaje, celălalt fiind perpendicular pe acesta.

În lucrare se prezintă două dispozitive care permit determinarea abaterilor de la paralelism în cele două plane amintite, atît pentru ghidaje interioare cît și pentru ghidaje exterioare, făcîndu-se considerațiuni asupra erorilor metodei de măsurare în trei puncte pe care se bazează dispozitivele.

Descrierea dispozitivelor

Dispozitivul pentru determinarea abaterilor de la paralelism ale ghidajelor exterioare se compune dintr-un cadru **1** (fig. 1 și fig. 2), pe care

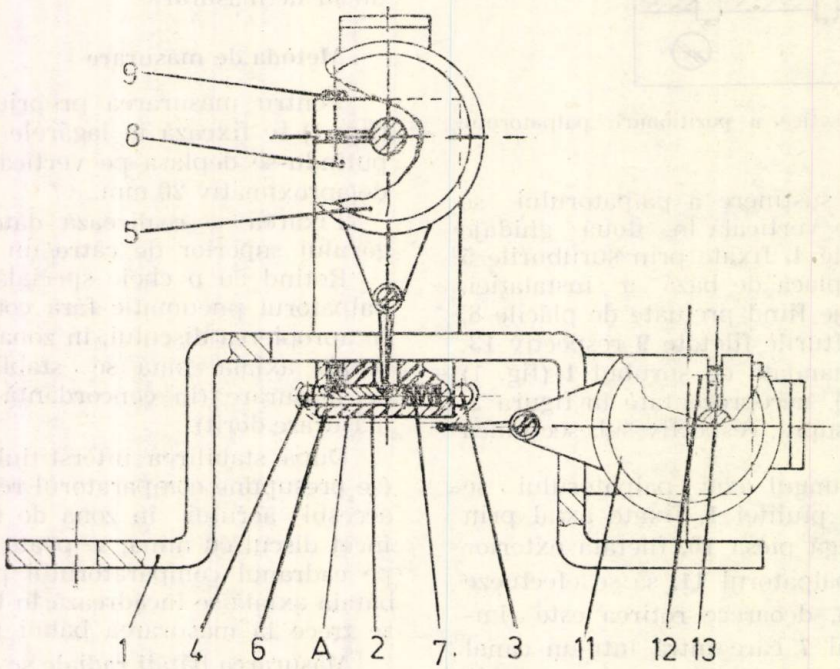


Fig. 1 Vedere frontală a dispozitivului pentru măsurarea abaterilor de la paralelism ale ghidajelor exterioare cu bile.

se fixează piesa suport 2 în care — cu ajutorul unor ştifturi (nereprezentate în desen) — sînt montate două palpatoare sferice fixe 3 şi un palpator sferic mobil 4, care are posibilitate de deplasare axială acţionînd comparatorul de tip pupitast 5.

perpendiculare ale ghidajului. Dispozitivul pentru determinarea abaterilor de la paralelism ale ghidajelor interioare cu bile se compune dintr-o placă de bază 1 (fig. 3 şi fig. 4) pe care se montează suportul 2 cu două palpatoare fixe 3, prinse prin intermediul unor ştifturi 4,

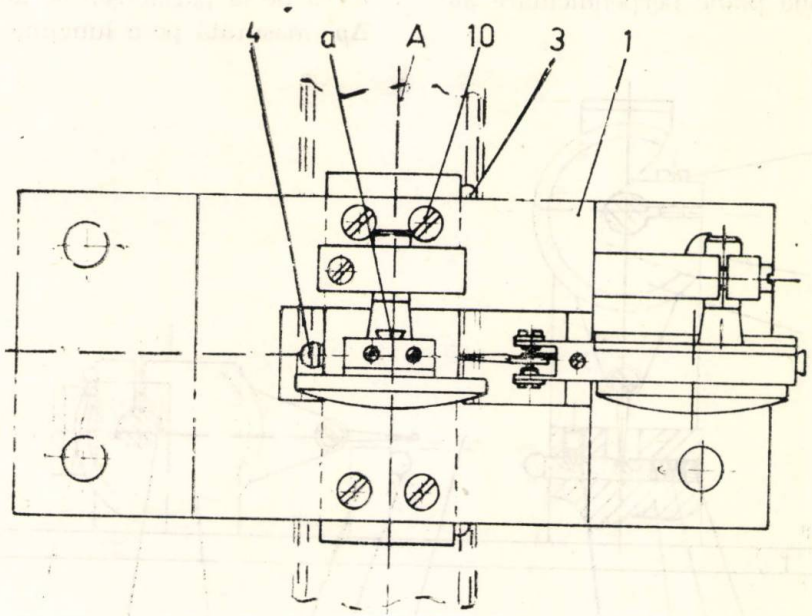


Fig. 2 Vedere de sus a dispozitivului pentru măsurarea abaterilor de la paralelism ale ghidajelor exterioare cu bile.

Palpatorul mobil 4 este împiedicat împotriva rotirii şi ieşirii din locaş de către ştiftul filetat 6, care pătrunde într-un canal longitudinal de pe palpatorul mobil 4, forţa de măsurare realizîndu-se cu ajutorul arcului elicoidal 7. Fixarea comparatorului tip pupitasat 5 se face pe suportul 8 cu ajutorul şurubului 9, fixare ce permite poziţionarea orizontală a comparatorului, poziţionarea verticală realizîndu-se cu ajutorul ghidajului coadă de rîndunică a de pe corpul comparatorului. Piesa 2 este fixată de cadru cu ajutorul a patru şuruburi 10 iar suportul 8 prin sudare.

Pentru determinarea abaterilor de la paralelism în plan vertical ,se foloseşte tot un comparator tip pupitast 11, fixat pe suportul 12 prin şurubul 13, avînd aceleaşi posibilităţi de reglaj.

Pentru măsurarea paralelismului în cele două plane perpendiculare, se introduce capătul ghidajului A pe cele trei palpatoare, se aduce în contact palpatorul comparatorului 11 cu suprafaţa de bază a ghidajului A, iar cel al comparatorului 5 cu palpatorul mobil 4 şi se aduc indicaţiile comparatoarelor la zero, prin rotirea cadranelor. Deplasînd ghidajul A pe toată lungimea lui, cu ajutorul indicaţiilor celor două comparatoare se pot determina abaterile de la paralelism în cele două plane

elementele 3 formînd două puncte de palpare cu dimensiunea ghidajului, suportul 2 fiind fixat de placa de bază cu şurubul 6 şi două ştifturi 5.

Palpatorul mobil 7, cu suprafaţa de plapare tot sferică (corespunzătoare ghidajului) se poate deplasa axial în piesa suport 8 acţionînd palpatorul comparatorului tip pupitast 9 şi fiind în acelaşi timp împiedicat împotriva rotirii şi ieşirii din locaş de către ştiftul filetat 10, care pătrunde într-un canal longitudinal de pe palpatorul 7. Forţa de măsurare se realizează cu ajutorul arcului elicoidal 11 menţinut în locaş prin şurubul dop 12, tot ansamblul fiind montat pe placa 1 cu ajutorul a două şuruburi 13 şi două ştifturi 14. Fixarea comparatorului pupitast 9 se face în piesa suport 15 sudată pe placa de bază 1.

Poziţionarea în plan orizontal a pupitastului se realizează manual, iar fixarea, prin strîngerea şurubului 16. Deplasarea pupitastului în direcţie verticală se face cu ajutorul ghidajului coadă de rîndunică de pe corpul acestuia.

Măsurarea paralelismului în planul vertical se face cu ajutorul comparatorului pupitast 17, care este fixat în acelaşi mod cu comparatorul 9 pe suportul 18, sudat pe placa de bază 1, fixarea lui făcîndu-se cu şurubul 19.

Funcționarea dispozitivului este asemănătoare cu a celui pentru ghidaje exterioare cu bile : deplasînd ghidajul **A** pe toată lungimea lui, prin observarea indicațiilor celor două comparatoare, se pot determina abaterile de la paralelism în cele două plane perpendiculare ale ghidajului.

Considerațiuni asupra erorilor de măsurare în cazul măsurării în trei, respectiv două puncte, a abaterilor de la paralelism la ghidajele cu bile

Conform prevederilor STAS 7384-85, abaterea de la paralelism se definește ca abaterea Δp măsurată pe o lungime de bază L, luînd

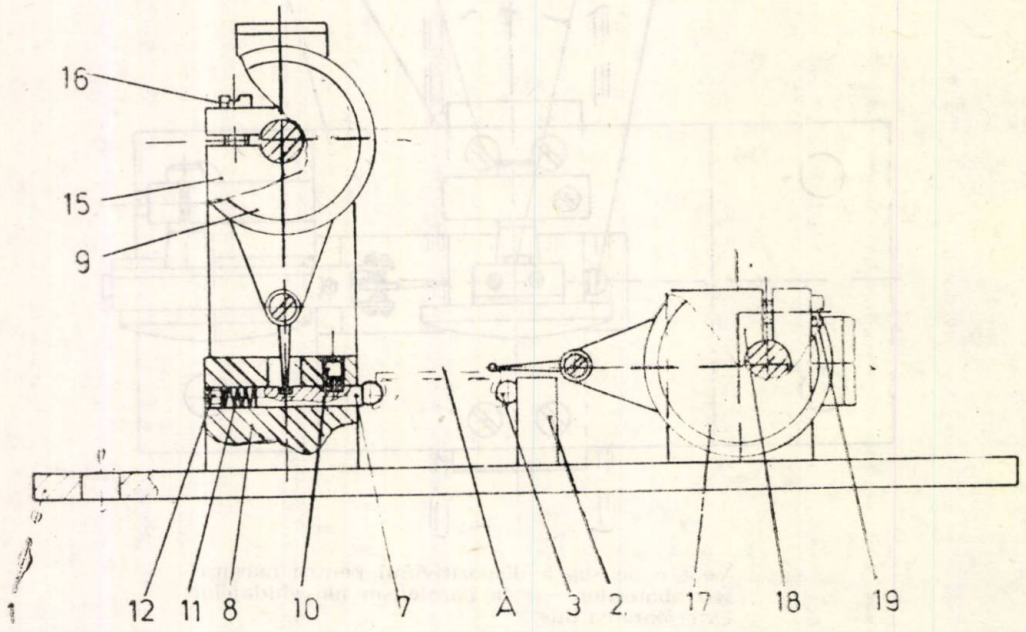


Fig. 3 Vedere frontală a dispozitivului pentru măsurarea abaterilor de la paralelism ale ghidajelor interioare cu bile.

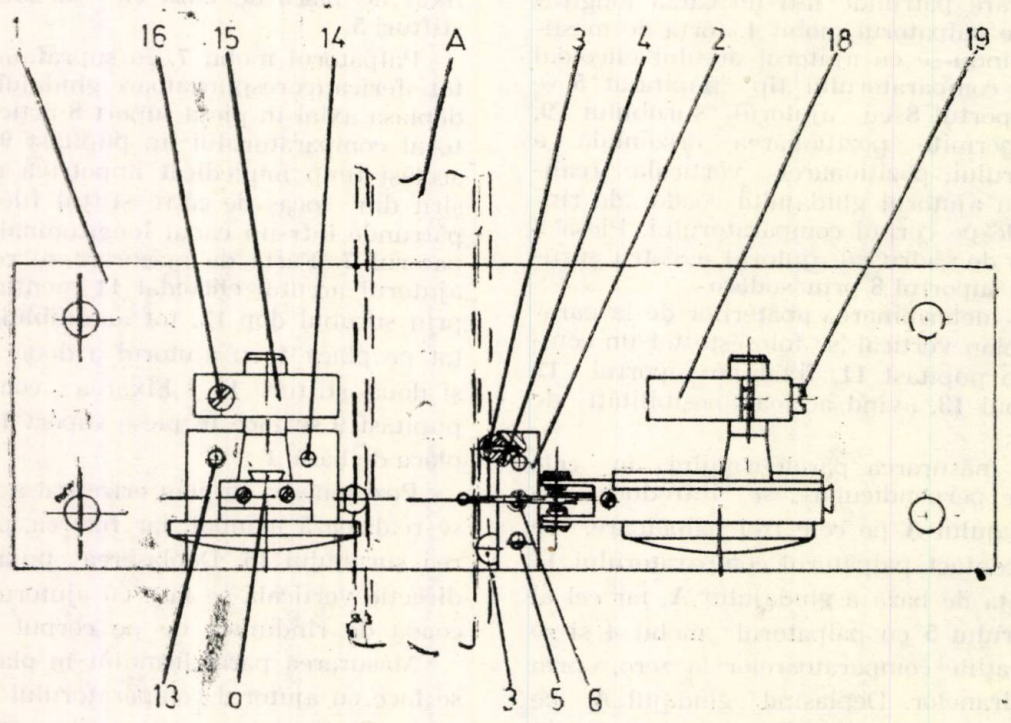


Fig. 4 Vedere de sus a dispozitivelor pentru măsurarea abaterilor de la paralelism ale ghidajelor interioare cu bile.

unul din ghidaje (în fig. 6, ghidajul BB') de referință. Se observă că dispozitivele cu măsurare în trei puncte proiectate se conformează acestui principiu, cele două palpatoare fixe (P_1 și

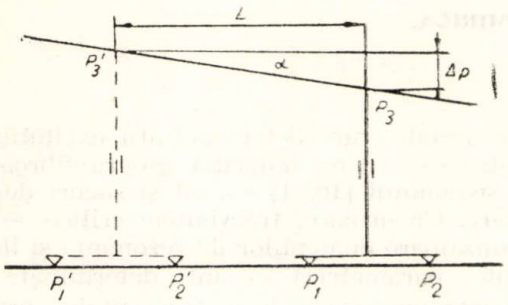


Fig. 5 Schema de măsurare a abaterilor de la paralelism conform STAS 7384-85.

P_2 fig. 5) formînd ghidajul de referință, iar cel mobil măsurînd distanța perpendiculară față de acesta.

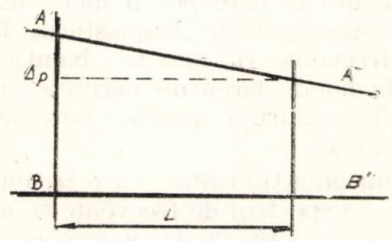


Fig. 6 Schema de măsurare a abaterilor de la paralelism prin metoda cu 3 puncte, conform dispozitivelor prezentate.

În cazul măsurării cu micrometre de interior sau exterior, trebuie căutată distanța minimă dintre ghidaje, care se obține menținînd un palpator fix și căutînd cu palpatorul mobil (P_2) distanța minimă între ghidaje (fig. 7), această distanță, (P_1P_2), fiind pe perpendiculara pe celălalt ghidaj.

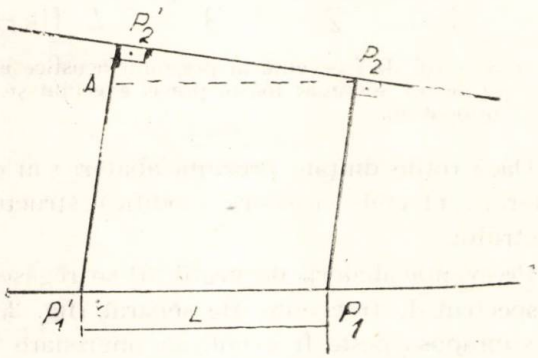


Fig. 7 Schema de măsurare a abaterilor de la paralelism prin metoda în 2 puncte.

În acest caz abaterea de la paralelism măsurată va fi :

$$\Delta p' = AP_2' = L \cdot \sin \alpha \qquad (1)$$

față de abaterea reală conform figurii 5 unde :

$$\Delta p = L \operatorname{tg} \alpha \qquad (2)$$

Eroarea absolută sistematică va fi :

$$\Delta = \Delta p' - \Delta p = L(\sin \alpha - \operatorname{tg} \alpha) \qquad (3)$$

iar eroarea relativă sistematică procentuală :

$$\delta_{\%} = \frac{100\Delta}{\Delta p} = \frac{\sin \alpha - \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha} 100 =$$

$$= \left(\frac{\sin \alpha}{\operatorname{tg} \alpha} - 1 \right) 100 \qquad (4)$$

care după transformări devine :

$$\delta_{\%} = (\cos \alpha - 1) \cdot 100 \qquad (5)$$

Se pune problema de a determina care este valoarea limită a abaterii de la paralelism, pentru care eroarea realtivă comisă prin măsurarea în două puncte este sub o valoare admisă $\delta_{\max \%}$, față de măsurarea în 3 puncte.

$$100 \, | \cos \alpha - 1 | \leqslant \delta_{\max \%} \qquad (6)$$

Dezvoltînd rezultă :

$$\cos \alpha \geqslant 1 - \frac{\delta_{\max \%}}{100} \qquad (7)$$

Admițînd $\delta_{\max \%} = 0{,}01\%$, rezultă $\alpha \leqslant 0{,}81^{0}$ ceea ce duce la o abatere de la paralelsm $\Delta_p = 0{,}0141.L$, L fiind lungimea ghidajului.

Se constată că practic eroarea este neglijabilă, deficiența majoră a metodei cu măsurare în două puncte fiind însă dată de erorile întîmplătoare (aleatoare), din cauza dificultăților de poziționare, în care caz va apărea o eroare suplimentară care la metoda cu trei puncte este eliminată.

Concluzii

Avantajele pe care le prezintă dispozitivele descrise sînt date de construcția simplă și prețul de cost redus al dispozitivelor, gabaritul redus și universalitatea dispozitivelor, deoarece prin simpla schimbare a lungimii palpatoarelor mobile se pot verifica ghidaje de dimensiuni diferite și siguranța lor în funcționare. Dispozitivele permit și determinarea distanței dintre ghidaje în valoare absolută, dacă distanța între palpatorul fix și cel mobil se reglează inițial cu ajutorul unui bloc de cale plan paralele, cu dimensiunea nominală egală cu distanța dintre ghidaje, sau cu ajutorul unei piese etalon. În afara de acestea, trebuie remarcat că dispozitivele permit determinarea abaterilor de la paralelism ale ghidajelor în două plane perpediculare, ceea ce nu este actualmente prevăzut în STAS, dar este important pentru buna funcționare a acestora.

CZ : 534 : 629.113 : 621-565

Diagnosticarea vibroacustică a transmisiilor cu roți dințate

Prof. dr. ing. Gheorghe **RĂDULESCU**, asist. ing. Radu-Florin **MIRICĂ**,
ș.l. dr. ing. George **DOBRE** — Institutul Politehnic București
Ing. Cornel **MUNTEAN** — I.C.T.C.M. București

Generalități

În cazul transmisiilor cu roți dințate, diagnosticarea vibroacustică reprezintă o modalitate de apreciere atît a calității tehnologice, cît și a celei funcționale, în sensul evidențierii abaterilor de execuție și de montaj, precum și a proceselor de deteriorare.

Analiza pe cale vibroacustică a calității tehnologice permite depistarea surselor vibroacustice cu comportare anormală și în plus, luarea de măsuri susceptibile să reducă nivelul de vibrații și zgomot; această analiză poate constitui un mijloc de recepție a produselor. Dacă se stabilește o dependență între calitatea tehnologică și procesele de deteriorare, pe de o parte, și comportarea vibroacustică, pe de altă parte, este posibilă evaluarea stării tehnice curente a ansamblului transmisiei, modalitate ce permite prognozarea duratei de viață ulterioare.

Deși are un nivel de semnificație mai scăzut decît alți parametri [5], semnalul vibroacustic poate fi utilizat pentru diagnosticarea în sensul arătat anterior, aceasta făcîndu-se indirect, rapid și fără demontarea transmisiei, ceea ce implică avantaje economice importante.

Evaluarea cantitativă a calității tehnologice și a proceselor de deteriorare se face pe baza unor parametri principali de diagnosticare, cum sînt : abaterile tehnologice (de execuție și montaj) și cele funcționale (deteriorări ale flancului și piciorului dintelui).

În cazul transmisiei cu roți dințate, elementele constructive cu rol hotărîtor în determinarea durabilității și fiabilității ansamblului sînt angrenajele și lagărele, care provoacă 21 ... 60% (în medie 39%) și, respectiv, 10 ... 44% (în medie 19%) din defecțiuni [5]. Ca urmare, problema diagnosticării se pune în principal pentru aceste componente.

În lucrare, se prezintă unele aspecte de principiu, corelate și cu rezultate din cercetările proprii, ale problemei diagnosticării în cazul angrenajelor; pentru rulmenți vezi [4].

Asupra evidențierii parametrilor principali de diagnosticare în structura semnalului vibroacustic

Parametrii principali de diagnosticare (menționați anterior) se regăsesc, însumați cu deformațiile relative, în deplasările relative dintre roțile dințate, care determină atît excitații parametrice — cu rol hotărîtor asupra vibroacusticii sistemului [10, 1] —, cît și șocuri de angrenare. Ca urmare, frecvențele critice — corespunzătoare domeniilor de rezonanță și instabilitate parametrică — sînt determinate de frecvența angrenării f_z și frecvențele proprii ale sistemului [1, 2]. Este evident că la analiza semnalului, în scopul diagnosticării, este necesar să se deceleze domeniile critice [1]) de cele corespunzătoare parametrilor principali de diagnosticare.

În continuare, sînt prezentate exemplificări privind modul în care pot fi identificați unii parametri principali de diagnosticare în spectrele de frecvențe ridicate în bandă îngustă (analiza în bandă largă nu permite o evidențiere clară a tonurilor specifice parametrilor de diagnosticare).

În cazul unei transmisii cu o treaptă, precis executată, în spectrul de frecvențe se manifestă numai tonuri cu frecvența angrenării și armonicele ei superioare (fig. 1).

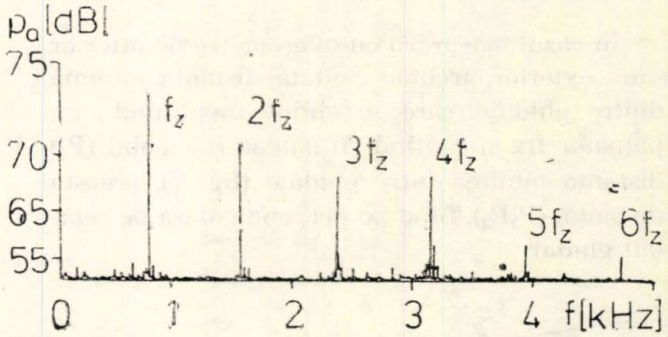


Fig. 1 Spectrul de frecvențe al presiunii acustice emise de un angrenaj foarte precis executat și poziționat [6].

Dacă roțile dințate prezintă abateri sau deteriorări, efectele acestora modifică structura spectrului.

Frecvența abaterii de profil [8] se regăsește în spectrul de frecvențe, fie separat (fig. 2, a), fie suprapusă peste frecvența de angrenare f_z al cărei nivel vibroacustic este mult amplificat (fig. 2, b).

[1]) Datorită cadrului restrins al lucrării, nu se dezvoltă problematica frecvențelor critice (v. de ex. /1/).

Abaterea de pas [12] se manifestă prin frecvența f_z de angrenare și multiplii ei, respectiv prin apariția de benzi laterale față de frecvența f_z și armonicele sale. Acestea sînt distanțate

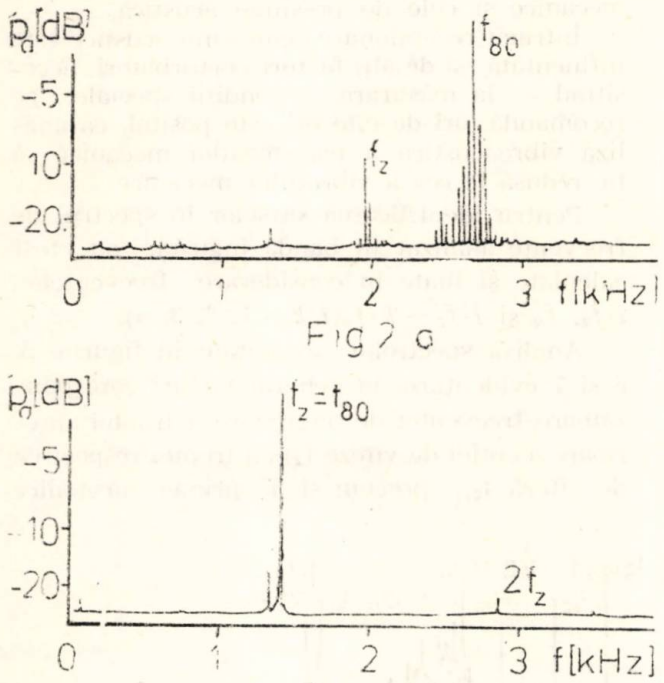


Fig. 2 Influența abaterilor de profil ale dinților asupra spectrului de frecvențe ale presiunii acustice [8].

a) $z_1 = 65$, $z_2 = 60$, $f_{fr1} = 3\,\mu$m, $f_{fr2} = 16\,\mu$m, $n_{fr} = 80$ erori.

b) $z_1 = 45$, $z_2 = 80$, $f_{fr1} = \ldots\,\mu$, $f_{fr2} = 19\,\mu$m, $n_{fr} = 80$ erori.

cu frecvența de rotație f_n, dacă există o singură eroare sau un număr mare de erori de pas distribuite uniform (fig. 3), sau cu un multiplu al

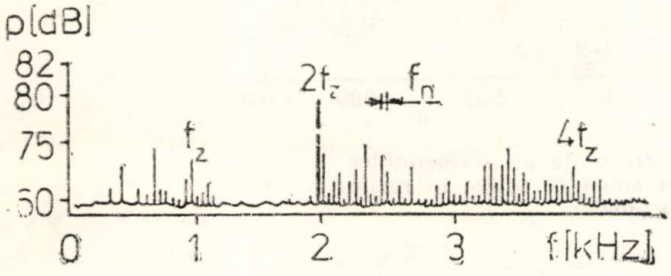


Fig. 3 Modificări ale spectrului de frecvențe ale presiunii acustice datorate abaterilor de pas distribuite neuniform [12].

frecvenței f_n, în cazul unui număr mic de erori de pas. Efectele asemănătoare produc erorile unghiului de angrenare și ale cercului de bază [12].

„Avarierea" unui dinte prin fisurare se manifestă, ca și excentricitatea unei roți dințate [9], sau uzarea danturii [3, 9], prin modificări ale nivelului benzilor laterale. În general, prin uzare, profilul dintelui este afectat de o parte și de alta a cercului de rostogolire, ceea ce determină amplitudini mai mari la armonicele superioare decît la frecvența de angrenare, precum și la benzile laterale corespunzătoare acestora [9]. Totuși, modificarea nivelului acestora în urma uzării este mică. În exemplul prezentat în [7], datorită uzării, s-a produs modificarea, în spectrul de frecvențe al vibrațiilor carcasei, a amplitudinii în scară logaritmică a unei benzi laterale a primei armonice ($2f_z + f_n$) de la 3,1 la 3,22.

În fiecare din figurile 1, 2 sau 3 a fost evidențiată influența cîte unui singur factor. În cazul general, concură mai mulți factori, cu ponderi diferite la producerea structurii spectrului vibroacustic, în care se pot evidenția [9] :

— frecvențele de angrenare și armonicele lor ;

— benzile laterale ale acestora ;

— subarmonice ale frecvenței arborelui datorate unor impulsuri aditive repetate odată pe rotație ;

— vîrfuri de frecvență ale unor vibrații parazite datorate influenței elementelor din afara transmisiei studiate și care pot avea uneori amplitudini mari;

— componente de intermodulație a unor frecvențe importante.

În afara analizei spectrale în bandă îngustă de frecvențe sau utilizată, pentru diagnosticare vibroacustică, și analiza spectrală. Aceasta este eficientă pentru urmărirea în timp a nivelului benzilor laterale din spectru, în scopul determinării evoluției factorilor principali de diagnosticare și implicit a stării tehnice a ansamblului [3, 7, 9]. Prin această metodă de prelucrare a semnalului, se accentuează structura periodică a spectrului, iar efectele sursei și căii de transmitere devin aditive [9].

Diagnosticarea vibroacustică a cutiilor de viteze

În cadrul colaborării tehnico-științifice dintre catedra Organe de Mașini și Mecanisme din Institutul Politehnic București și întreprinderea I.M.A.S.A. — Sf. Gheorghe, producătoare de cutii de viteze auto, s-a utilizat metoda vibroacustică în scopul analizei vibrațiilor și zgomotului produs, al identificării factorilor importanți de influență și al stabilirii unor principii și soluții de diminuare atît a nivelului global, cît mai ales a vîrfurilor de vibrații și zgomot.

Pe standul de încercări de la I.M.A.S.A. — Sf. Gheorghe, au fost efectuate înregistrări ale semnalului vibroacustic emis de cutii de viteze de autocamioane (fig. 4). Pentru diferite trepte de viteze (T_r), se prezintă în figurile 5 și 6 spectre mediate de frecvențe ale accelerațiilor rela-

tive (a) ale carcasei, cînd s-a simulat un regim de funcționare al cutiei de tracțiune (T) sau de frînare (F), iar în figura 7, spectre ale nivelelor relative de presiune acustică (p) captată în imediata vecinătate a standului.

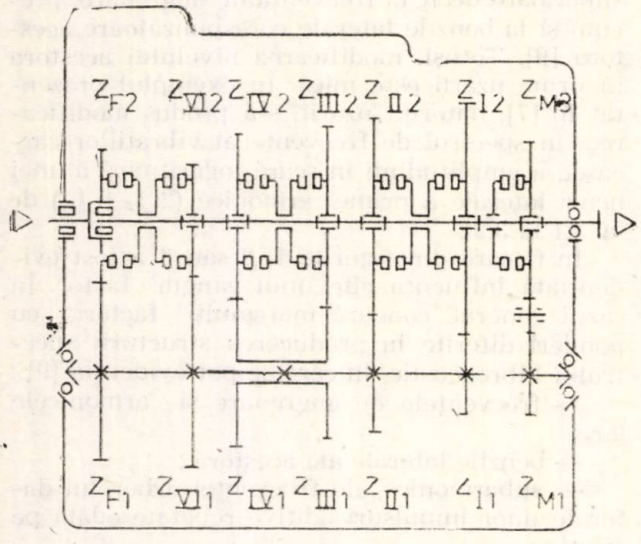


Fig. 4 Schema cutiilor de viteze studiate.

Comparînd figura 7 cu 5, se observă o destul de bună concordanță între spectrele de vibrații mecanice și cele de presiune acustică.

Întrucît recepționarea emisiunii acustice este influențată și de alți factori perturbatori, necesitînd — la măsurare — condiții speciale, se recomandă, ori de cîte ori este posibil, ca analiza vibroacustică a transmisiilor mecanice să fie redusă la cea a vibrațiilor mecanice.

Pentru identificarea surselor în spectrul de frecvențe analizat în bandă îngustă, au fost calculate și luate în considerare frecvențele: $i \cdot f_z$, f_n și $i \cdot f_z \pm k \cdot f_n (i, k = 1, 2, 3, 4)$.

Analiza spectrelor prezentate în figurile 5, 6 și 7 evidențiază în general vîrfuri corespunzătoare frecvenței de angrenare a treptei anterioare a cutiei de viteze f_{zF}, a treptei respective de viteză f_{zI}, precum și a primei armonice

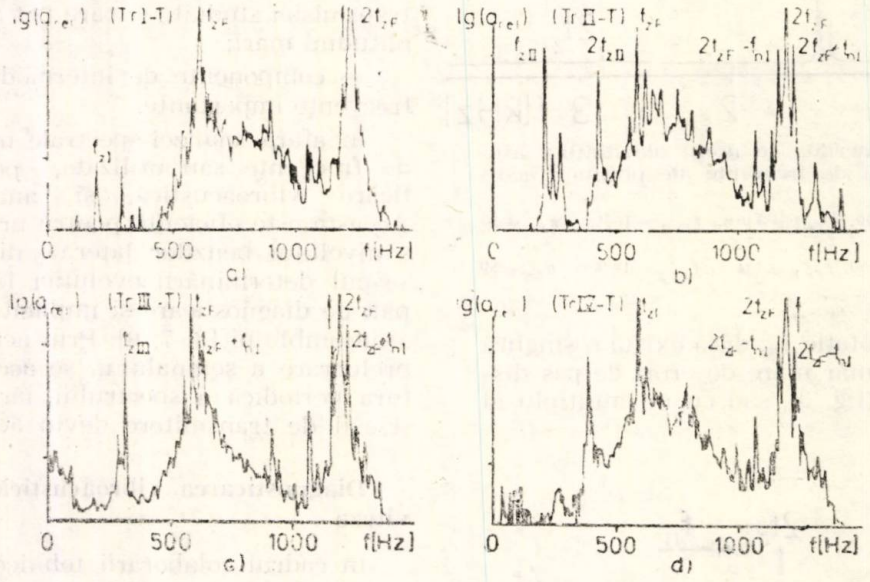


Fig. 5 Spectre mediate de frecvențe ale accelerațiilor relative ale carcasei cutiei de viteze în regim de funcționare la tracțiune.

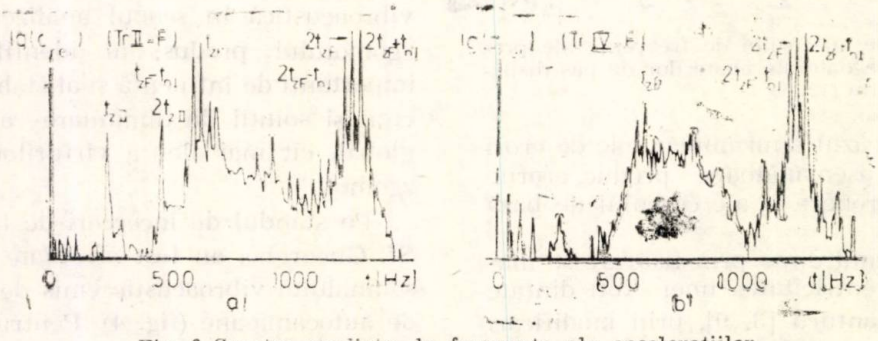


Fig. 6 Spectre mediate de frecvențe ale accelerațiilor relative ale carcasei cutiei de viteze în regim de funcționare la frînare.

($2f_{zF}$ și $2f_{zI}$). Face excepție treapta a V-a de priză directă.

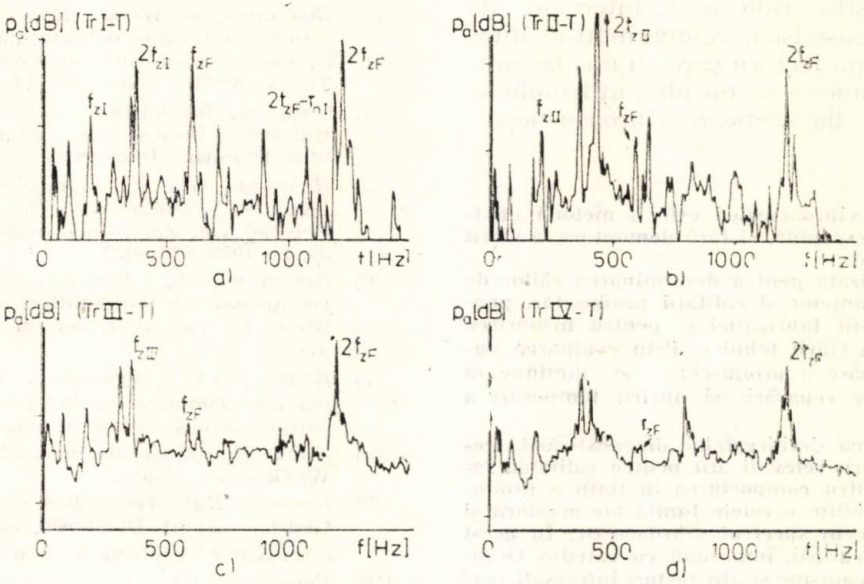


Fig. 7 Spectre mediate ale presiunii acustice captate în imediata vecinătate a cutiei de viteze.

Întrucît frecvența de angrenare a treptei anterioare a cutiei de viteze f_{zF}, respectiv prima ei armonică $2 \cdot f_{zF}$ domină, înseamnă că trebuie îndreptată atenția, în primul rînd, asupra acestui subansamblu și analizate atît soluția constructivă cît și precizia de execuție.

Pinionul treptei anterioare este realizat dintr-o bucată cu arborele de intrare în cutia de viteze. Acesta este lăgăruit pe rulmenți în carcasa cutiei de viteze și în capacul ambreiajului, piesă care la rîndul său este prinsă cu șuruburi de carcasa cutiei. Prin toleranțele prevăzute la ajustajele respective, prin jocurile care iau naștere în lagărele cu rulmenți, respectiv datorită erorilor de execuție, așa cum s-a precizat și în [6], se produc abateri unghiulare ale arborelui de intrare — cum se observă și în figura 8. Astfel, cu toate că roțile dințate sînt rectificate în treapta 6 de precizie, aceste abateri aduc precizia angrenajului în treptele 8—9 și produc vibrații de zgomote cu frecvente f_{zF} respectiv $2 \cdot f_{zF}$.

Soluția constructivă îmbunătățită propusă constă în a se realiza carcasa cutiei și a ambreiajului dintr-o bucată, respectiv a se acorda o mai mare atenție lăgăruirii arborelui de intrare, din punctul de vedere al ajustajelor.

Și angrenajele celorlalte trepte de viteze participă la formarea semnalului vibroacustic, evidențiate prin frecvențele f_{zi} și $2 \cdot f_{zi}$ de angrenare a dinților roților dințate. Pentru diminuarea emisiunii vibroacustice produsă de aceste angrenaje, este necesar — în primul rînd — să se respecte la execuție precizia cerută în documentație și apoi să se treacă tehnologic la rectificarea danturilor cu flancare lungă evolventică.

Se exemplifică astfel cum metoda analizei vibroacustice permite controlul global și rapid al preciziei de execuție și montaj a produselor,

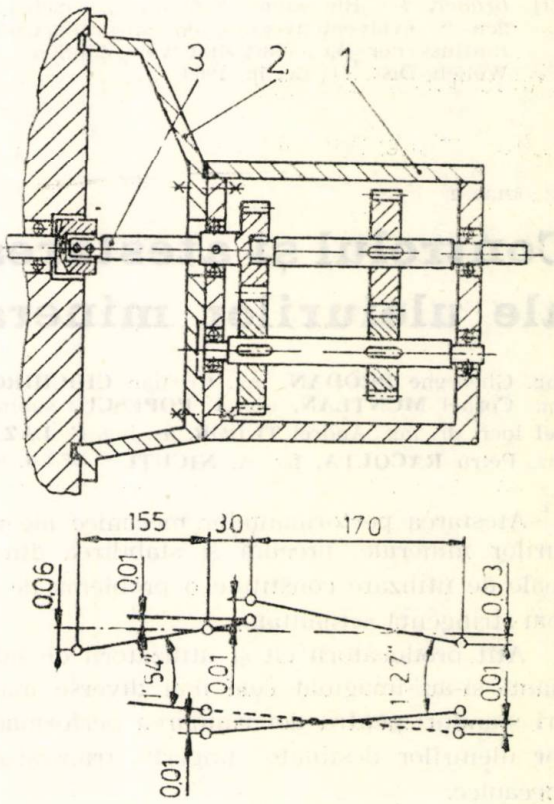


Fig. 8 Producerea abaterilor unghiulare ale arborilor cutiei de viteze [6].

1 — carcasa cutiei de viteze ; 2 — carcasa ambreiajului ; 3 — arborele de intrare al cutiei de viteze.

dispune de posibilități de identificare a cauzelor și factorilor perturbanți și indică soluții de îmbunătățire. De asemenea, dacă se dispune de spectre vibroacustice ridicate la intervale de funcționare a transmisiei, comparîndu-le între ele se pot evidenția factorii care au dus la înrăutățirea stării tehnice a produsului, utilizîndu-se astfel metode de diagnosticare vibroacustică.

Concluzii

Diagnosticarea vibroacustică este o metodă eficientă de determinare rapidă, și fără demontare, a stării tehnice a produselor.

Ea poate fi utilizată pentru determinarea căilor de creștere a performanțelor și calității produselor, pentru controlul calității fabricației și pentru urmărirea evoluției în timp a stării tehnice. Prin evaluarea duratei de viață rămase a produselor, se diminuează cheltuielile aferente reparării și opririi temporare a funcționării.

Pentru realizarea deziderateloor diagnosticării, trebuie precizați factorii relevați atît pentru calitatea fabricației, cît și pentru comportarea în timp a produselor și trebuie stabilite nivelele limită ale acestora și ale reflectărilor lor în spectrul vibroacustic. În acest scop I.C.T.C.M. București, împreună cu catedra Organe de Mașini și Mecanisme și alți factori interesați realizează o cercetare științifică referitoare la vibrații și zgomot în construcția de mașini.

Pe baza celor arătate în lucrare, se poate afirma că diagnosticarea vibroacustică poate fi utilizată cu bune rezultate în construcția de mașini și în particular la transmisiile cu roți dințate.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Brauer, J.*: Rheonome Schwingungserscheinungen in evolventenverzahnten Stirnradgetrieben. Einfluss der Biegeelastizität von Zähnen und Wellen. Diss, TU Berlin, 1969.

[2] *Dobre, G.*: Contribuții privind influența factorilor constructivi și tribologici asupra reducerii zgomotului angrenajelor cilindrice, Teză de doctorat, I.P.B., București, 1987.

[3] *Downham, E., Woods, R.*: The rationale of monitoring vibration on ratating machinery in continuously operating process plant, preprint, Trans. ASME, paper No. 71—Vibr—96, 1971.

[4] *Gafițanu, M., Năstase, D., Crețu, Sp., Olaru, D.*: Rulmenți. Proiectare și tehnologie, vol. 2, Editura Tehnică, București.

[5] *Hennings, G.*: Schädigungsmodelle als Grundlage des Einsatzes von Diagnosenverfahren am Beispiel von Zahnradgetrieben, In: Die Technik, 33, 11, 1978, 620—622.

[6] *Herrmann, J., Timmers, J.*: Geräuschuntersuchungen als Hilfsmittel der Fertigungskontrolle, In: Ind. Anzeiger, 87, 17, feb. 1965, 309—314.

[7] *Klimov, A.V.*: Opredelenie sostoiania zubceatîh peredaci metodom spektralnogo analiza, In: Vestnik mașinostroenia, 9, 1983, 18—20.

[8] *Opitz, H.*: Moderne Produktionstechnik, Verlag W. Girardet, Essen.

[9] *Randall, R.B., Tech. B.A.*: Spectrum Analysis Gearbox Fault Diagnosis, edition 2, In: Bruel ,and Kjaer Application notes, nr. 233, 1980.

[10] *Rădulescu, Gh.*: Untersuchungen über den Einfluss der Profilrücknahme auf die Zahnverformung und das Geräusch geradverzahnter Stirnräder. Diss, T.H. Dresden, 1966.

[11] *Tesch, F.*: Der fehlerhafte Zahneingriff und seine Auswirkungen auf die Geräuschabstrahlung, Diss, T.H. Aachen, 1969.

[12] *Toppe, A.*: Untersuchungen über die Geräuschanregung bei Stirnrädern unter besonderer Berücksichtigung der Fertigungsgenauigkeit, Diss. T.H. Aachen, 1966.

CZ : 621.892.2

Controlul și atestarea performanțelor mecanice ale uleiurilor minerale pe standul a = 91,5 mm

Ing. Gheorghe **PRODAN**, ing. Cristian **CIOCHIRCĂ**,
ing. Cornel **MUNTEAN**, ing. I. **POPESCU**, subing. R. **SINCĂ** — I.C.T.C.M. București
Șef lucr. dr. ing. Andrei **TUDOR**, as. ing. C. **LAZĂR** — Institutul Politehnic București
Fiz. Petru **RACOLȚA**, fiz. A. **NICUȚI** — I.F.I.N. București

Atestarea performanțelor mecanice ale uleiurilor minerale, precum și stabilirea duratei reale de utilizare constituie o problemă de cea mai stringentă actualitate.

Atît producătorii cît și utilizatorii de lubrifianți și-au imaginat cele mai diverse mașini ori standuri pentru determinarea performanțelor uleiurilor destinate ungerii transmisiilor mecanice.

Dintre acestea enumerăm, fără a avea pretenția de a le epuiza, mașina cu patru bile, metodele și standurile Timken, Falex ș.a.

Încă din anul 1979, I.C.T.C.M. — București în colaborare cu Institutul Politehnic București (I.P.B.) și Institutul de Fizică și Inginerie Nucleară — București (I.F.I.N.) a avut susținute preocupări în ceea ce privește obținerea de date experimentale privind performanțele lubrifiante ale uleiurilor de extremă presiune (EP).

În acest scop I.C.T.C.M. a proiectat și a realizat, prin autodotare, un stand de probă (fig. 1), cu roți dințate cilindrice etalon, avînd distanța între axele roților de probă $a = 91{,}5$ mm.

Cu ajutorul acestui stand se determină rezistența filmului de ulei în contactele hertziene de tip liniar, respectiv :

Pierderea masică a roților dințate se poate determina gravimetric, sau prin metoda radiometrică, metodă pusă la punct în cadrul

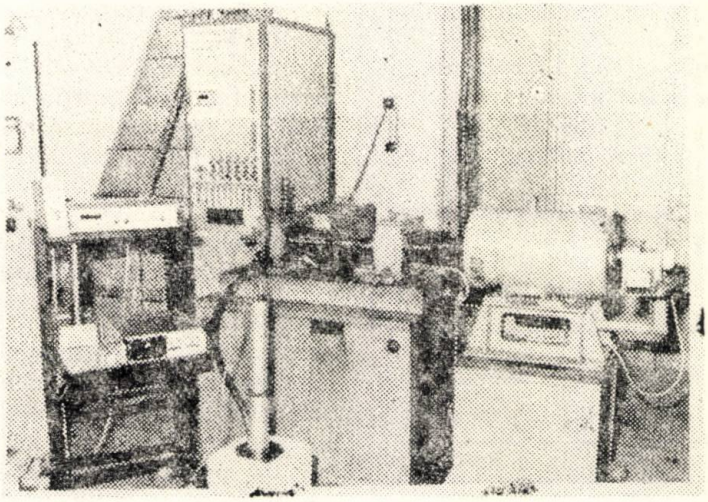


Fig. 1 Stand de probă pentru roți cilindrice etalon (distanța între axe $a = 91{,}5$ mm).

— determinarea încărcării specifice limită și a clasei limită de utilizare a uleiului mineral ;

— determinarea intensității energetice de uzare a flancurilor angrenajului etalon ;

— verificarea calității și controlul uleiurilor noi și în diferite stadii de utilizare ;

— stabilirea performanțelor inițiale ale uleiurilor noi (neutilizate) și modificarea acestora în funcție de durata de utilizare.

Principiul metodei de testare constă în funcționarea, într-un timp stabilit, a angrenajului cu geometrie etalon, în uleiul de încercat (ungerea se face prin barbotare), la turație constantă, în anumite condiții de temperatură și la sarcină variabilă în trepte.

I.C.T.C.M., împreună cu colaboratorii I.P.B. și I.F.I.N.

Standul de încercare cu roți dințate etalon ($a = 91{,}5$ mm) este un stand în circuit închis, conform figurii 2, compus din :

— motor de curent continuu **1** cu puterea de 16,17 kW și turația maximă de 3000 rot/min;

— reductor de turație **2** ;

— arbore principal **3** ;

— multiplicator de turație **4** cu roți dințate etalon ;

— rezistența de încălzire a uleiului **5** ;

— arbore secundar **6** ;

— cuplaj **7** ;

— sistem de încărcare **8** ;

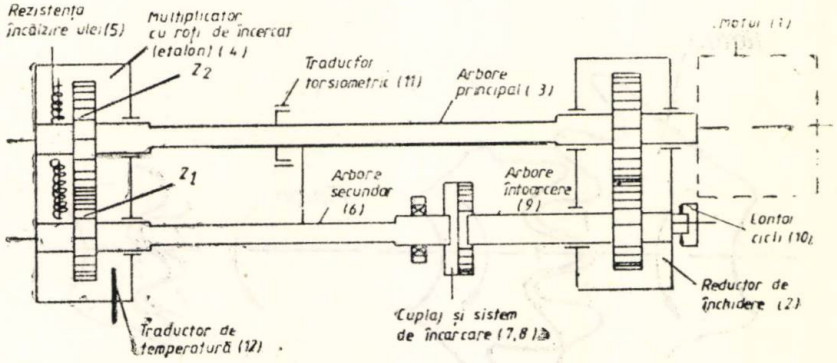


Fig. 2 Schema cinematică a standului de probă.

În funcție de forța normală din dantura angrenajului, se măsoară suprafața flancului deteriorată prin gripare și/sau pierdere masică a roților dințate, ca urmare a procesului de uzare.

— arbore de întoarcere **9** ;

— contor numărător de cicluri **10** ;

— traductor torsiometric **11** ;

— traductor de temperatură **12**.

Testele, pe standul cu roți dințate etalon $a = 91{,}5$, se desfășoară în următoarele condiții :

— temperatura mediului ambiant : 20 ± 5^0C ;

— temperatura minimă a uleiului de încercat : 90 ± 3^0C, indiferent de treapta de încărcare. La trepte de încărcare ridicate, temperatura uleiului poate crește, ca urmare a procesului de frecare ;

— turația pinionului : 2175 ± 15 rot/min. ;

— tipul ungerii : prin barbotare ;

— cantitatea de ulei : cca. 1,25 l ;

— durata : 15 min. ± 15 s, pentru fiecare treaptă de încărcare ;

— viteza periferică determinată pe cercul de rostogolire : 8,3 m/s. ;

Tabelul 1

Treapta de încărcare	Momentul de torsiune la pinion M_f [N/m]	Forța normală pe dinte F_n [N]	Forța normală specifică F_{n1} [N/mm]
1	3,3	99	4,95
2	13,7	407	20,3
3	35,3	1044	52,2
4	60,8	1800	99,0
5	94,1	2786	139,3
6	135,3	4007	200,3
7	183,4	5435	271,7
8	239,3	7080	354
9	302,0	8949	447,4
10	372,0	11029	551,4
11	450,1	13342	667,1
12	534,5	15826	791,3

— forța normală pe dinte, variabilă în funcție de treapta de încărcare ;

— treptele de încărcare sînt în număr de 12, conform tabelului 1.

Se examinează flancurile danturii și se elimină roțile ce prezintă urme de coroziune.

În cazul utilizării metodei gravimetrice, se cîntăresc individual pinionul și roata, cu o precizie de măsurare de ± 1 mg la o masă minimă de 1,3 kg.

Se montează roata și pinionul, marcîndu-se ca în figura 3 poziția respectivă, astfel încît la un nou montaj să se respecte poziția reciprocă a flancurilor angrenajului, în vederea eliminării erorilor de asamblare.

Determinarea încărcării specifice limită și a clasei limită de utilizare a uleiului

Se face astfel :

— după pregătirea standului și montarea roților dințate se fotografiază cel puțin două flancuri active, din cele marcate (ale pinionului și ale roții dințate) ;

— se pune în funcțiune sistemul de încălzire, astfel ca la începerea textului temperatura minimă a uleiului să fie 90 ± 3^0C ;

— se încarcă standul succesiv corespunzător treptelor de încărcare, conform tabelului 2, și se pune în funcțiune timp de 15 min ± 15 s pentru fiecare treaptă de încărcare ;

— după funcționarea în fiecare treaptă de încărcare, se înregistrează temperatura la sfîrșitul perioadei de funcționare, apoi se decuplează motorul electric, se demontează capacul de vizitare al multiplicatorului și se examinează vizual, de la o distanță de 200 mm. Flancurile care prezintă deteriorări se fotografiază și se marchează prin poansonare. Cu ajutorul unei lupe se măsoară suprafața deteriorată prin uzare, a fiecărui flanc. Se compară rezultatele obținute cu schemele din tabelul 2, notînd modificările specifice, conform aceluiași tabel.

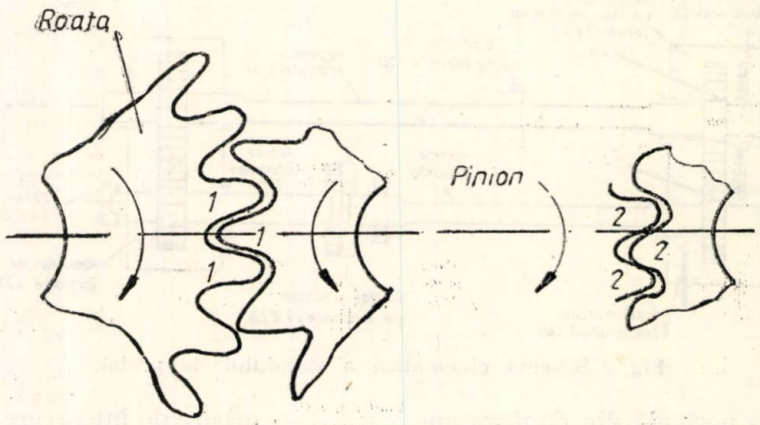
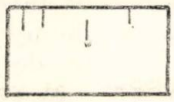
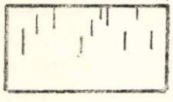
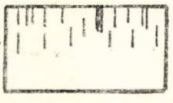
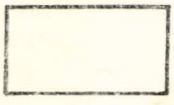
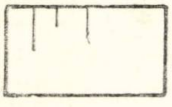
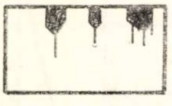
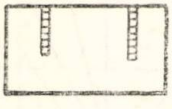
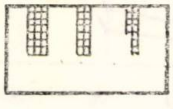
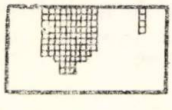
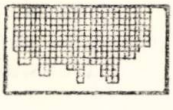


Fig. 3 Modul de montaj al roților de probă.

Pentru începerea testării, se pregătesc atît standul cît și roțile dințate spălîndu-se energic, de două ori cu solvent.

Încercările continuă pînă al treapta de încărcare 12 (inclusiv), atît timp cît nu s-a atins starea de deteriorare a flancurilor.

Tabelul 2 MODIFICĂRI SPECIFICE FLANCURILOR

DENUMIREA	PRESCURTARE	SCHEMA	EXPLICAȚII
Zgîrieturā ușoarā	Z.U.		Cîteva linii ușoare în direcția de alunecare. Nu pătrund pînă la capul dintelui. Asperitatea se menține intactă.
Zgirieturā medie	Z.M.		Crește numărul liniilor
Zgîrieturi puternice	Z.P.		Linii multe, ușoare pînă la puternice (lățime pînă la 0,5 mm)
Zone netede	Z N		Linii lucioase, cu o lățime de peste 1mm. Se reduce asperitatea.
Crestături ușoare	C.U		Crestături în direcția de alunecare începînd de la capătul dintelui Scade și mai mult înălțimea asperitaților
Caneluri medii	C.M		Crestături ce „pătrund" în mod izolat
Crestături puternice	C.P		Crestături ce pătrund în număr mai mare. Cele mai multe se află în zonele de caneluri.
Gripare incipientă	G I		Unele linii de gripare cu o lățime de pînă la 1mm nu apar pe toate flancurile dinților. Aspect mat. Crește asperitatea.
Gripare medie	G.M.		Și mai multe linii de lucrare — — pînă la 3mm lățime
Gripare medie în zone	G.M.Z		Zona de gripare cu o lățime de 3 - 8 mm
Gripare puternică în zone	G.P.Z		Zone de gripare mai mari de 8 mm.

Dacă deteriorarea cea mai mare apare în trepte de sarcină izolate, la mai puțin de zece dinți, atunci trebuie indicat numărul dinților.
În fiecare treaptă de sarcină trebuie să se dea (indice), pe lîngă cea mai mare deteriorare (modificare) și cea care apare cel mai frecvent.

Încărcarea specifică limită a uleiului se consideră forța normală specifică F_{n1} corespunzătoare treptei de încărcare, anterioară treptei în urma căreia flancurile s-au deteriorat prin gripare.

Flancurile angrenajului se consideră deteriorate prin gripare, atunci cînd suprafața deteriorată a tuturor flancurilor depășește 20% din suprafața totală activă a acestora. De exemplu, dacă angrenajul s-a gripat la sfîrșitul treptei a 10-a, atunci încărcarea specifică limită, conform tabelului 1, este 447,4 N/mm, corespunzătoare treptei 9 de încărcare.

Clasa limită de utilizare a uleiului se consideră a fi numărul treptei anterioare treptei de încărcare, la sfîrșitul căreia flancurile s-au deteriorat prin gripare. De exemplu, dacă angrenajul s-a gripat la sfîrșitul treptei 11, atunci uleiul este de clasa 10.

Determinarea intensității energetice de uzare

Încercările se fac conform metodologiei anterioare, cu precizarea că începînd cu treapta 4 de încărcare se determină pierderea masică a roților dințate.

În cazul folosirii metodei gravimetrice se demontează roțile etalon, se spală și se cîntăresc individual, pentru determinarea și înregistrarea pierderii masice totale (D_m), ca urmare a uzurii și se calculează cu relația :

$$\Delta m = \Delta m_1 + \Delta m_2 \qquad (1)$$

în care :

Δm_1 — pierderea masică a pinionului, în [mg] ;
Δm_2 — pierderea masică a roții dințate în [mg].

Încercările continuă pînă se determină treapta a 12-a de încărcare, atît timp cît nu s-a atins intensitatea energetică de uzare maximă.

În cazul folosirii metodei radioactive, după fiecare treaptă de încărcare se determină nivelul de radiații din uleiul testat, radiație datorată particulelor de material desprinse de pe flancurile roților.

Măsurarea se face cu ajutorul unei sonde speciale, într-un vas de măsură, ecranat cu plumb la influența mediului înconjurător.

Intensitatea energetică de uzare maximă se determină astfel :

a) se trasează variația pierderii masice a pinionului și a roții dințate (Δ_{m1}, Δ_{m2}) și totale (Δ_m), determinate conform relației (1), pe diagrama din figura 4.

Se notează cu litera **E** punctul de pe curba pierderii masice totale (Δ_m) ; la sfîrșitul treptei a 4-a de încărcare, punctul corespunde la 6,43 kwh.

Se notează cu litera **V** punctul de pe curba pierderii masice totale, în care pierderea masică crește foarte puternic, ca urmare a uzurii (fig. 4). Creșterea se consideră foarte puternică la sfîrșitul unei trepte, atunci cînd suma pierderilor masice ale pinionului și ale roții depășește cu 10 mg suma pierderilor masice din treapta anterioară.

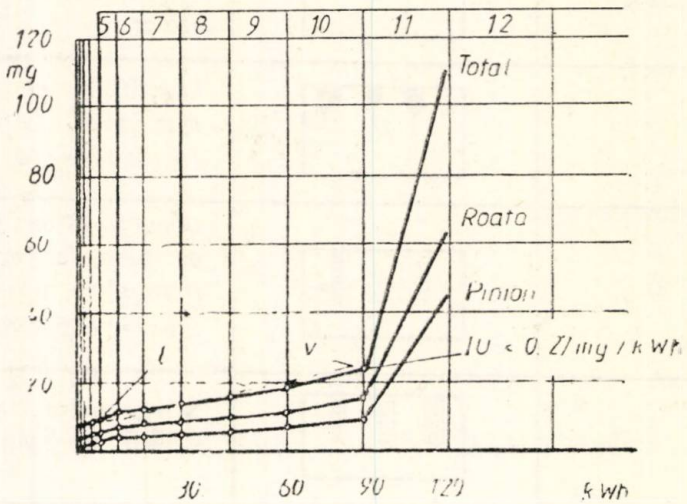


Fig. 4 Variația pierderii de masă (uzură), în funcție de lucrul mecanic transmis prin angrenaj și treapta de încărcare.

Se definește intensitatea energetică de uzare maximă (IU) ca raportul dintre pierderea masică dintre punctele **E** și **V** și lucrul mecanic transmis între aceste puncte, conform relației :

$$IU = \frac{\Delta_m V - \Delta_m E}{L_t V - L_t E} \qquad (2)$$

în care :

$\Delta_m V$ — pierderea masică totală, corespunzătoare punctului V în [mg] ;

$\Delta_m E$ — pierderea masică totală, corespunzătoare punctului **E** în [mg] ;

$L_t E$ — lucrul mecanic transmis prin angrenaj în [kw] sau în [MJ], corespunzător punctului **V** ;

$L_t V$ — lucrul mecanic transmis prin angrenaj, corespunzător punctului **E** în [kw.h], egal cu 6,43 kW.h (23,1 MJ).

Pentru valori mai mari ale intensității de uzare decît 0,27 mg/kW.h ($0{,}75 \cdot 10^{-7}$ mg/J), intensitatea devine maximă, uleiul este considerat necorespunzător și este clasat în treapta corespunzătoare punctului V.

De exemplu, uleiul cercetat, ale cărui rezultate sînt indicate în figura 4, este un ulei de clasa 10, punctul V se află la finele clasei 10.

Modificările flancurilor se pot urmări prin examinare, după fiecare treaptă de încărcare, cu o lupă cu caroiaj, și prin fotografiere. Se vor lua în considerare modificările ce apar pe flancuri, conform tabelului 2.

În urma cercetărilor experimentale privind lubrificația, frecarea și uzarea organelor de mașini, precum și performanțele lubrifiante limită ale uleiurilor românești, efectuate de I.C.T.C.M. și colaboratorii săi, se impune ca o necesitate stringentă a construcției de mașini, a exploatării mașinilor și utilajelor, introducerea testului de mai sus între testele obligatorii care atestează calitatea uleiurilor minerale.

În vederea creșterii fiabilității transmisiilor mecanice acest test trebuie efectuat fiecărei șarje de ulei livrate beneficiarilor.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x : ICTCM și Catedra de Organe de Mașini I.P. București — Experimentări privind influența lubrifierii asupra capacității portante a angrenajelor — 1978.

[2] x x x : ICPTCM și Catedra de Organe de Mașini, I.P. București — Influența lubrifierii asupra fiabilității și capacității portante a angrenajelor cilindrice exterioare. Studiu asupra metodologiei și programului de experimentare — 1973.

[3] *Pavelescu, D., Mușat, M., Tudor, A.* : Tribologie, Editura Didactică și Pedagogică, 1977.

[4] x x x : DIN 51354 partea 1—3.

[5] *Ayel, J., Kraus, Y., Michel, J.P.* : Teste severe ale capacității de încărcare a lubrifianților pe mașina cu angrenaje FZG — Revue de L' Institut Francais du Petrole, nr. 6/1985.

[6] x x x : Determinarea rezistenței la presiuni ridicate pe mașina cu roți dințate tip FZG.

CZ : 621.753

Metodă și instalație de verificare a completelor de control activ din fabricația I. M. F. București

Dr. ing. Gerhard **PURI** — Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara

Introducere

Prelucrarea pieselor pe mașini unelte, la valori ridicate de precizie și pentru eliminarea rebuturilor, se realizează tot mai mult prin aplicarea la acestea a unor dispozitive de comandă care asigură controlul dimensionării piesei.

Dispozitivele de comandă cu control activ măsoară piesa în timpul procesului de prelucrare, semnalizează atingerea dimensiunilor prescrise și, dacă este necesar, modifică automat regimul de lucru și reglarea mașinii pentru a asigura obținerea dimensiunilor piesei.

Existența unui număr mare de astfel de complete de control activ în întreprinderile din țară reclamă existența unui echipament adecvat pentru verificarea acestora în cadrul laboratoarelor metrologice uzinale sau specializate. Instalația și metoda prezentate în lucrare satisfac aceste cerințe putînd fi utilizate, de asemenea, pentru calibrarea dispozitivelor după fabricare.

Fiind posibilă montarea mai multor tipuri de aparate de control activ și avînd la bază metode diferite de palpare, standul permite efectuarea unor studii comparative ale erorilor de măsurare.

Construcția instalației

În figura 1 este reprezentată schema cinematică a instalației de verificare a completelor de măsurare, care se compune dintr-un batiu de strung cu mai multe trepte de turație, între păpușa fixă **PF** și cea mobilă **PM** montîndu-se între vîrfuri piesa etalon **PE**, antrenarea făcîndu-se prin intermediul unui bolț antrenor **BA** și a unei inimi de antrenare **IA** fixată pe piesa etalon.

Sania port-traductor **SPT** are o deplasare longitudinală comandată de o pompă hidraulică cu roți dințate, un electrodistribuitor și un cilindru hidraulic.

Piesele etalon au forma tronconică (fig. 2), diametrele D_1 și D_2 fiind prelucrate cu o eroare mai mică decît eroarea de justețe a indicației și comenzilor transmise de completul de control activ la degroșare ($\pm 0{,}0125$ mm) respectiv la finisare ($\pm 0{,}00125$ mm).

Metoda de verificare

Procesul de simulare a prelucrării și de verificare a completelor are loc după cum urmează:

— se conectează instalația la sursa de c.c. de 220 V ;

— se reglează cotele de terminare degroșare și terminare finisare egale cu D_1 respectiv D_2 ;

— se pornește motorul electric care pune în mișcare de rotație piesa etalon, iar prin cele două hidromotoare se deplasează sania port-aparate în sens longitudinal aducînd în același timp palpatorul în contact cu piesa etalon ;

— momentul începerii palpării este semnalizat prin aprinderea becului roșu ;

— palpatorul alunecînd pe porțiunea conică l_1 simulează degroșarea ;

— în cazul completelor de control activ în stare bună și corect reglate, în momentul atingerii diametrului D_1, becul roșu se stinge și se aprinde becul verde. Acul indicator al sculei din stînga va rămîne la poziția zero, iar acul din dreapta, după parcurgerea lungimii l_2 de către palpator, începe să devieze. La atingerea cotei D_2 (cota zero pe instrument) după parcurgerea lungimii l_3, se aprinde becul galben și se stinge cel verde, iar elecrodistribuitorul hidraulic primește comanda de schimbare a sensului de mișcare a hidromotoarelor liniare. Comanda devine efectivă doar dacă palpatorul a parcurs distanța $l_1 + l_2 + l_3$, unde se află contact electric comandat de sanie, atingerea cotei $l_1 + l_2 + l_3$ fiind smnalizată de aprinderea unui bec.

În momentul atingerii din nou a poziției inițiale de către sania portpalpatoare, se comandă (automat) oprirea motorului electric ca și ștergerea circuitelor de memorare.

În completele de control activ dereglate se pot întîmpla următoarele situații :

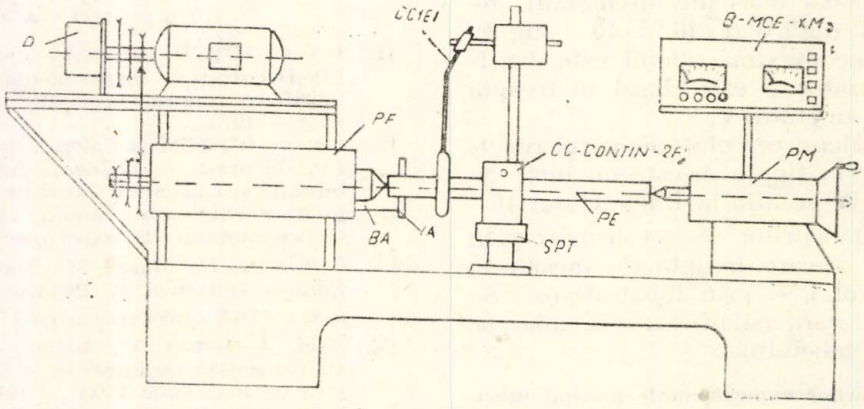


Fig. 1 Schema instalației de verificare a completelor de control activ.

a) — comanda terminare degroșare și început finisare se produce înaintea parcurgerii întregii lungimi l_1, deci la un diametru mai mare decît D_1, ceea ce se poate observa prin deviația acului din dreapta (de urmărire a finisării care are o perioadă de staționare) ;

b) — comanda terminare degroșare și început finisare se produce după parcurgerea distanței $l_1 + l_2$, deci la un diametru mai mic decît D_1, observabil la acul indicator din stînga (al degroșării) care are o perioadă de staționare;

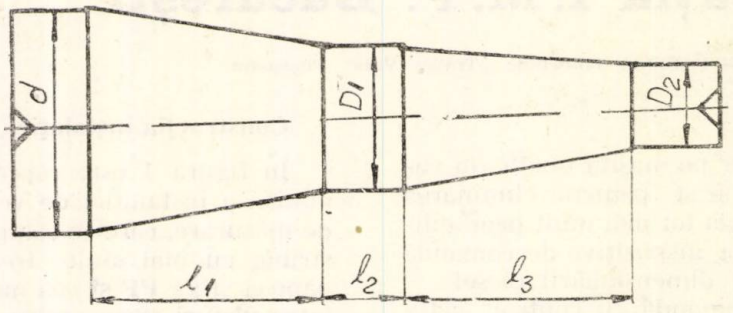


Fig. 2 Piesa etalon utilizată pentru verificarea completelor de control activ.

c) — comanda terminare finisare se produce înainte de a se ajunge la diametrul D_2 (înainte ca plapatorul să fi parcurs distanța l_3). Acest lucru apare evident prin schimbarea becurilor galben verde, dar sania port-aparat își continuă mișcarea longitudinală pînă la capătul lungimii l_3, unde devine efectivă comanda de întoarcere a saniei ;

d) — palpatorul parcurge distanța l_3, fără a produce comanda de sfîrșit prelucrare (nu se produce schimbarea becurilor), iar sania revine

la poziția inițială ; comanda sfîrșit prelucrare s-ar produce doar la un diametru mai mic decît D_2.

În toate aceste cazuri, completul de control activ analizat trebuie revizuit.

Concluzii

Instalația descrisă în lucrare, de construcție relativ simplă, și metoda propusă sînt utile întreprinderilor care utilizează în fabricație complete de control activ, asigurînd verificarea periodică a acestora, deci pot crea condițiile de mentenanță optime pentru utilizarea acestor complete.

CZ : 621.314.1

Instalație și metodă pentru determinarea caracteristicilor traductoarelor termobimetalice

Dr. ing. Dan **PERJU**, dr. ing. Gerhad **PURI** — Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara

Introducere

Funcționarea traductoarelor termobimetalice se bazează pe dilatația termică a corpurilor solide, mărimea de ieșire fiind o deplasare (deviație) obținută printr-o amplificare intrinsecă (datorită construcției traductorului). Un traductor termobimetalic este alcătuit din două lamele metalice cu coeficienți de dilatare termică diferiți, sudate între ele pe întreaga suprafață de contact prin laminare la cald.

Deoarece traductoarele termobimetalice se utilizează atît pentru măsurarea temperaturii, cît și pentru teletransmiterea sau telemăsurarea unor mărimi (informații), protecții termice, sau cu rol de compensatoare termice, pentru constructorul de astfel de traductoare este importantă cunoașterea caracteristicilor acestora. În general se determină deformația (săgeata) traductorului termobimetalic în funcție de temperatură. Standul și metoda prezentate permit însă și determinarea forței dezvoltate de traductor, în funcție de temperatură și la diferite deformații. Această caracteristică este importantă mai ales atunci cînd termobimetalul este utilizat în cadrul unor circuite de automatizare, unde trebuie să închidă sau să deschidă anumite circuite.

Prezentarea instalației și metodei de determinare a caracteristicilor traductoarelor termobimetalice

Instalația de determinare a caracteristicilor traductoarelor termobimetalice se compune din traductorul termobimetalic de încercat **1** (fig. 1)

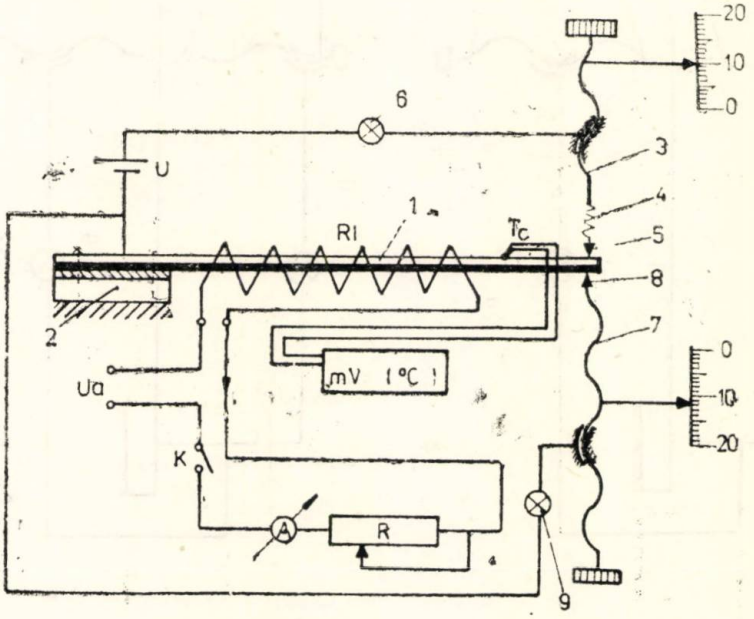


Fig. 1 Schema constructivă a instalației pentru determinarea caracteristicilor traductoarelor termobimetalice.

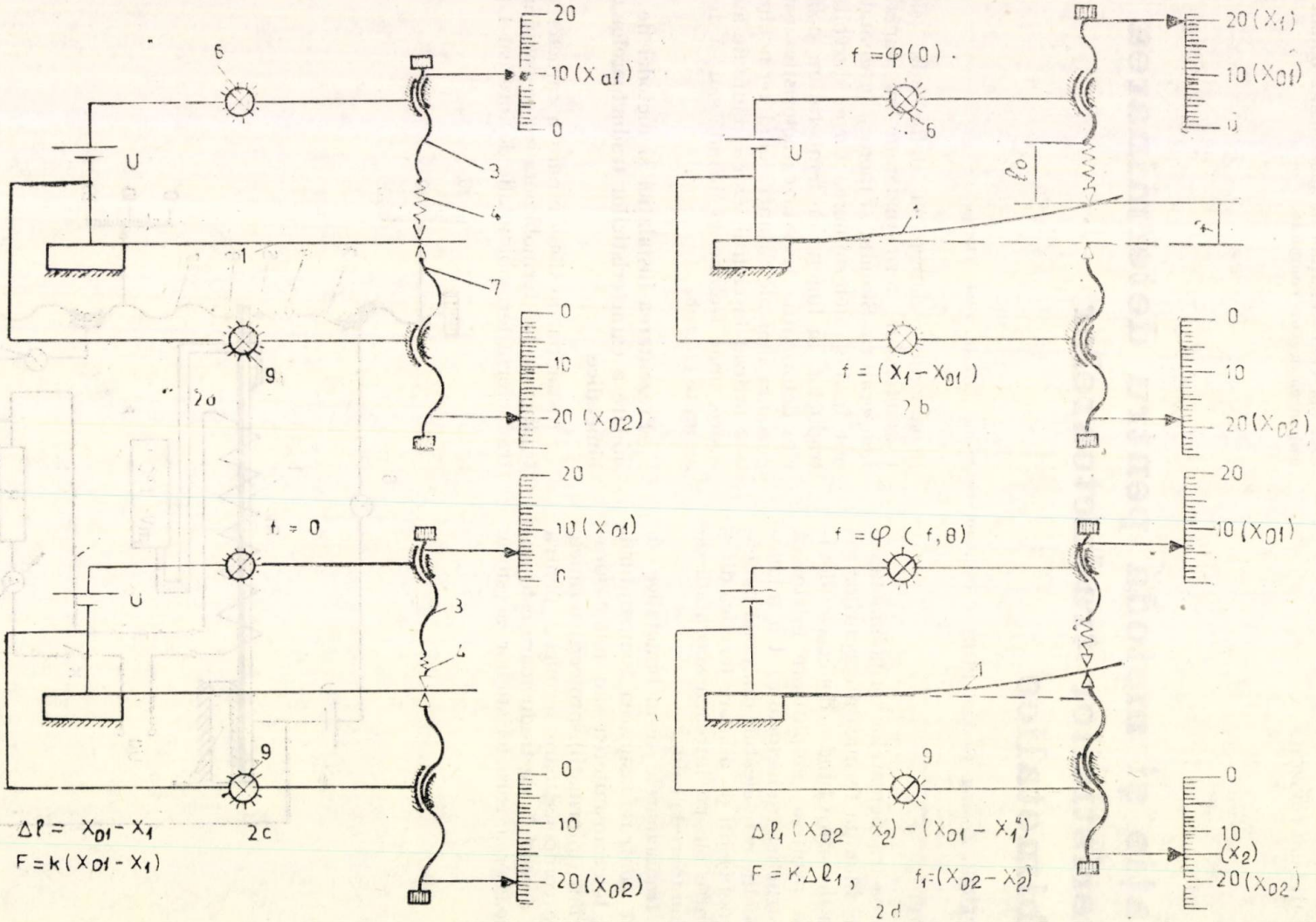


Fig. 2 Scheme funcționale ale instalației pentru determinarea caracteristicilor traductoarelor termobimetalice.

montat izolat electric pe suportul 2. Traductorul termobimetalic se încălzește cu ajutorul rezistenței de încălzire **R** , temperatura la care ajunge fiind măsurată cu termocuplul **T** . Reglarea curentului de încălzire I se face cu ajutorul reostatului **R** și se poate măsura cu ampermetrul **A**, alimentarea făcîndu-se de la sursa de tensiune **U** . Măsurarea săgeții termice și a forței dezvoltate de traductorul termobimetalic se face cu ajutorul a două șuruburi micrometrice 3 și 7, montate izolat electric ; pe șurubul micrometric 3 este montat palpatorul sferic 5, prin intermediul unui arc elicoidal 4, etalonat (cu constanta elastică cunoscută), iar palpatorul sferic 8 al șurubului micrometric 7 este montat direct pe acesta. Momentul contactului dintre palpatoarele 5, respectiv 8, cu traductorul termobimetalic 1 este semnalizat de către ledurile 6, respectiv 9, alimentate de la o sursă adecvată U.

Poziția inițială (traductorul termobimetalic neîncălzit) este redată în figura 2, a. Cele două micrometre sînt în contact cu traductorul indicînd pozițiile X_{01} și respectiv X_{02}.

Funcționarea instalației este următoarea :

a) Determinarea dependenței săgeții f de temperatură θ a termocuplului : $f = \varphi(\theta)$. Se retrage șurubul micrometric 3 ; se reglează cu ajutorul rezistenței **R** o valoare a curentului de încălzire I și se așteaptă stabilirea temperaturii termocuplului (căldura produsă de rezistența **R** devine egală cu cea disipată în mediul înconjurător) ; se revine cu șurubul micrometric 3 pînă la contact cu traductorul termobimetalic 1 (prin deplasare înainte și înapoi a șurubului se poate prinde exact poziția traductorului, becul 6 trebuind să se stingă și aprindă pe 0,01—0,02 mm). Valoarea săgeții termice (fig. 2, b) va fi $f = X_1 - X_{01}$), X_1 fiind indicația micrometrului în poziția dată. Se repetă măsurarea pentru diferite temperaturi θ și se obține dependența dorită.

b) Determinarea forței F dezvoltată de traductorul termobimetalic în poziția nedeformată pentru diferite temperaturi : $F = \varphi(\theta)$ la $f=0$. Se retrage șurubul micrometric 3, se încălzește ca mai sus traductorul termobimetalic, se aduce în contact șurubul micrometric 3 cu traductorul deformat ; se înșurubează apoi șurubul micrometric pînă cînd traductorul revine în poziția zero, semnalizată de aprinderea ledului 9 ; deformația arcului etalon 4 va fi : $\Delta l = X_{01} - X'_1$, iar forța $F = k\ (X_{01} - X'_1)$ (fig. 2, c) cu X'_1 — indicația șurubului micrometric : încercarea se repetă pentru mai multe temperaturi ale traductorului termobimetalic.

c) Determinarea forței F dezvoltată de traductor funcție de deformația traductorului la diferite temperaturi : $F = \varphi(f)$, cu θ ca parametru. Se începe ca la **b**). După ce s-a măsurat F pentru $f = 0$ (la o anumită temperatură θ), se retrage pe o anumită distanță micrometrul 3 ; se urmărește apoi cu micrometrul 7 traductorul 1 pînă se obține atingerea la aprinderea ledului 9 (fig. 2, d). Deformația arcului etalon va fi : $\Delta l_1 = (X_{02} - X_2) + (X_{01} - X''_1)$, iar forța dezvoltată de termobimetal : $F = k\ \Delta l_1$; săgeata f_1 a traductorului fiind : $f_1 = (X_{02} - X_2)$.

Concluzii

Instalația prezentată în lucrare are următoarele **avantaje** :

— permite determinarea tuturor caracteristicilor traductoarelor termobimetalice, necesare în industrie, fiind utilă la verificarea lor metrologică ;

— instalația este simplă, ieftină, ușor de manevrat ;

— instalația poate fi realizată cu ușurință de orice întreprindere interesată, fără a necesita aparatură complicată sau personal specializat.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Perju, D., Puri, G.* : „Instalație pentru determinarea caracteristicilor traductoarelor termobimetalice". Inovație Certificat inovator 212/1985. Ministerul Educației și Învățămîntului. Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara.

CZ : 621.892 : 620.1

Metodologie privind testarea durabilității uleiurilor minerale destinate transmisiilor mecanice

Dr. ing. A. **TUDOR**, ing. F. **ILIE**, — Institutul Politehnic București
Ing. C. **CIOCHIRCĂ**, subing. R. **SINCĂ** — I.C.T.C.M. București

Performanțele transmisiilor cu roți dințate, în continuă creștere, presupun luarea în considerare a lubrifiantului încă din faza de proiectare, astfel că a devenit un element operațional în proiectarea transmisiilor cu roți dințate [1, 2].

Lucrarea de față completează caracterizarea uleiurilor minerale, referindu-se la determinarea durabilității acestora în vederea stabilirii perioadei optime de schimbare, în corelație cu regimul de exploatare (sarcină, viteză, temperatură etc.) și cu geometria roților dințate.

Acest aspect are la bază cercetările experimentale efectuate în laboratoarele de specialitate ale Institutului Politehnic și I.C.T.C.M. București și urmărirea în exploatare a unor transmisii cu roți dințate.

Aprecierea durabilității uleiurilor minerale ia în considerare atît aspectele fizico-chimice (modificarea vîscozității, coroziunea pe cuplu, cifra de neutralizare, conținutul de impurități mecanice), cît și comportarea tribologică (intensitatea de uzare pe epruvete tip Timken și pe roți dințate etalon).

Pentru evidențierea diferiților parametri, cu intercondiționare reciprocă, asupra durabilității uleiurilor minerale destinate transmisiilor mecanice, s-a adoptat următoarea metodologie de cercetare : determinarea proprietăților fizico-chimice și intensității de uzare ale uleiului nou și aflat în diferite stadii și tipuri de degradare („îmbătrînire" naturală, termo-oxidativă, mecanică). Din același ulei s-au păstrat mostre de ulei în bidoane etanș închise la temperatura mediului ambiant (laborator), alte mostre de ulei au fost păstrate în vase deschise, la temperatura mediului ambiant. Determinarea proprietăților fizico-chimice ale acestor mostre de ulei și intensității de uzare pe epruvete etalon (cilindru-plan și roți dințate), după 3 luni, 6 luni și 12 luni de depozitare, pune în evidență „îmbătrînirea" naturală a uleiului.

Degradarea termo-oxidativă se pune în evidență prin modificarea proprietăților fizico-chimice și intensității de uzare ale mostrelor de ulei ținute în vase deschise, în etuvă, la temperatura de 70—75°C (temperatură egală cu temperatura medie, a reductoarelor cu roți dințate lubrifiate cu uleiul de cercetat).

Degradarea mecanică și termo-oxidativă a uleiurilor minerale se evidențiază prin modificarea proprietăților fizico-chimice și intensității de uzare în reductoare cu roți dințate, în condiții de laborator și în transmisii cu roți dințate din componența diferitelor utilaje și instalații (cutii de viteze, reductoare industriale din industria cimentului, din metalurgie), în variatoare cu fricțiune etc. Condițiile de funcționare se stabilesc astfel ca presiunea hertziană de contact să fie egală cu presiunea corespunzătoare treptei de încărcare limită a uleiului nou, stabilită pe standul SIGRD (stand de încercare la gripare a roților dințate), iar turația trebuie să corespundă turației nominale a reductorului respectiv, la temperatura rezultată din echilibrul termic, ca urmare a răcirii naturale [5].

Testarea proprietăților fizico-chimice s-a făcut conform normelor standardizate (vîscozitate cinematică la 50°C, STAS 117—66, pe vîscozimetrul Höpller, coroziune pe cupru 3 ore la 100°C, STAS 40—73, impuritățile mecanice, STAS 33—78). Comportarea tribologică a uleiului se apreciază prin sarcina limită de gripare și intensitatea de uzare pe epruvete etalon : cilindru-plan — pe instalația Timken și roți dințate pe instalația SIGRD.

Încercarea pe instalația Timken constă în determinarea sarcinii limită de gripare (variația bruscă a coeficientului de frecare și instabilitatea acestuia) în următoarele condiții :

— viteza de alunecare — $v = 0{,}93$ m/s ;

— epruveta cilindrică are diametrul $\varnothing = 25$ mm ;

— materialul celor două epruvete — 41 Mo C 11 ;

— calitatea inițială a suprafețelor de lucru — $R_a = 0{,}8$ μm ;

— cantitatea de ulei — 0,200 l ;

— mediul ambiant — aer la temperatura de 20±5°C ;

— modificarea sarcinii în trepte de 20 N.

Încercarea pe instalația SIGRD [5] constă în determinarea intensității energetice de uzare a roților dințate etalon, ale căror elemente geometrice sînt standardizate [5] și corespund ca geometrie și material roților cele mai cercetate pe plan mondial (DIN 51354) și treptei limită de încărcare. Metodologia de încercare pe SIGRD (metodă în curs de standardizare) are la bază determinarea deteriorării prin uzare de tip adeziv și prin gripare a flancurilor lubrifiate prin barbotarea a 1,25 l din uleiul de cercetat la temperatura minimă de 90°C, timp de 15 minute, la o anumită sarcină normală. Modificarea sarcinii normale se face în trepte, conform standardului în curs de apariție [5]. Evaluarea pierderilor masice prin uzarea roților dințate se poate face fie gravimetric, fie utilizînd metoda radioactivării în strat subțire (interval 20—300 μm) a flancurilor angrenajului etalon.

Uleiurile cercetate au fost următoarele : TIN 55 EP, TIN 125 EP, TIN 210 EPC, TIN 300 EP (STAS 10588-76), T 90 EP 2 (STAS 8960-79) și ulei pentru angrenaje hipoide (NII 1446-79).

În figura 1 se exemplifică variația vîscozității cinematice cu numărul ciclurilor de solicitare N_c pentru același ulei T 90 EP 2, dar condiții diferite de fabricație și livrare.

Sarcina limită unitară de gripare determinată pe instalația Timken scade cu creșterea numărului ciclurilor de solictare (fig. 2 și 3) deși vîscozitatea a crescut așa cum s-a observat în figura 1.

Această constatare scoate în evidență faptul că pentru cupelele de frecare greu solicitate, cum sînt de altfel roțile dințate, mărimea vîscozității nu este singurul parametru de alegere a

lubrifiantului. Cercetările în acest domeniu trebuie să pună în evidență și alte proprietăți de ungere, sau să se amendeze vîscozitatea cu o bili durata de utilizare a lubrifiantului, cum ar fi tensiunea superficială [3]. În figurile 4 și 5 se exemplifică modul cum se comportă ule-

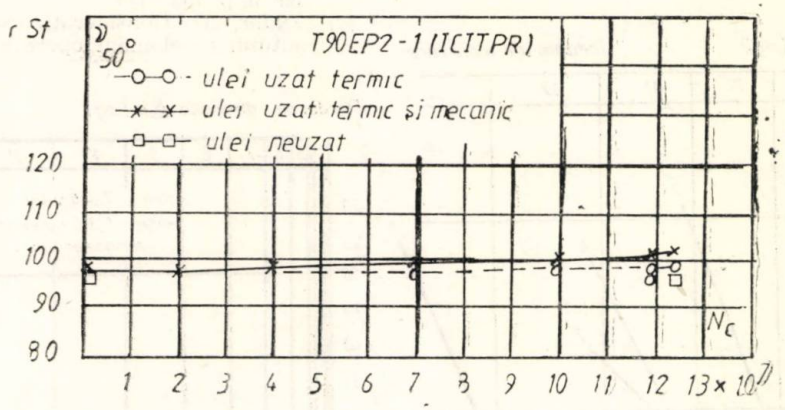


Fig. 1 Variația vîscozității cinematice în funcție de numărul ciclurilor de solicitare.

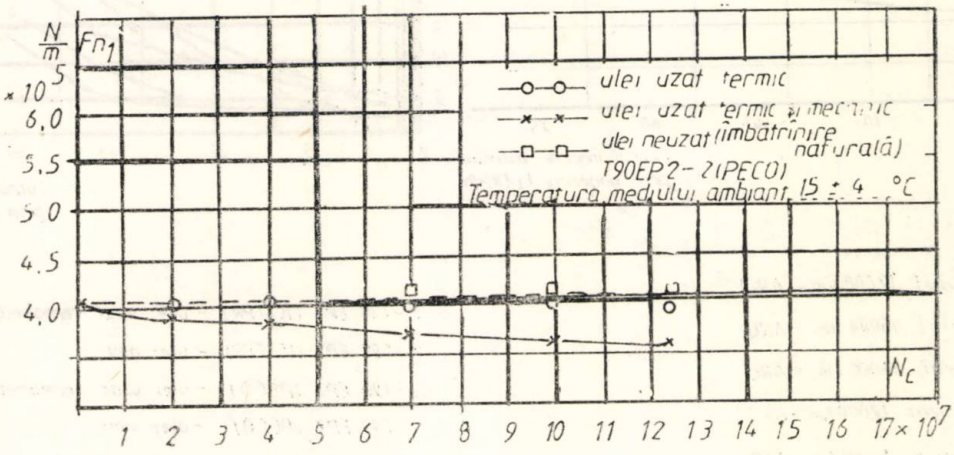


Fig. 2 Variația sarcinii limită de gripaj în funcție de numărul ciclurilor de solicitare a uleiului T 90 EP 2 (PECO).

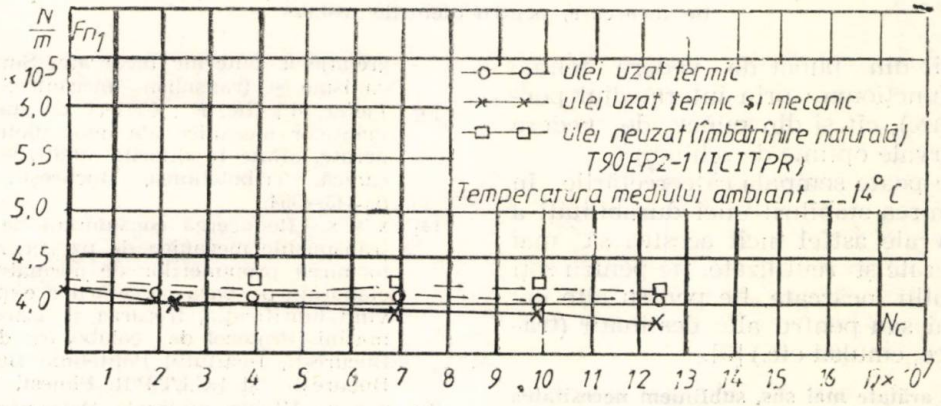
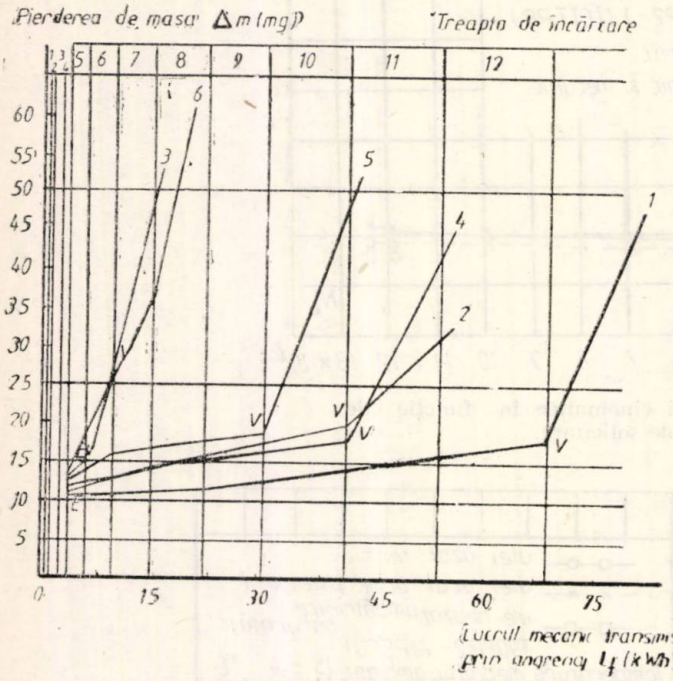


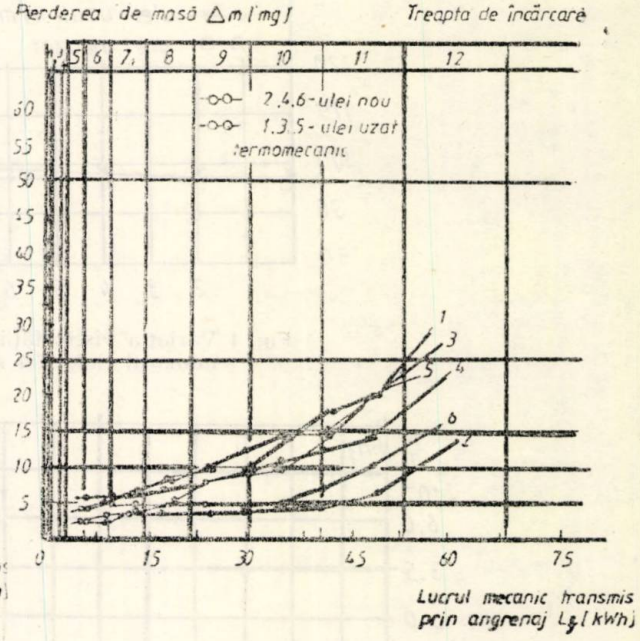
Fig. 3 Variația sarcinii limită de gripaj în funcție de numărul ciclurilor de solicitare a uleiului T 90 EP 2 (ICITPR).

serie de alți coeficienți experimentali, legați de durata de utilizare a lubrifiantului, sau alți parametri pe baza cărora cărora să se poată sta- iurile cercetate pentru diferite durate de funcționare, în condiții diferite (stand de încercare cu distanța dintre axe $a = 125$ mm, automobi-

lul de teren ARO) în cupla cu roți dințate etalon (DIN 51354).

Se observă că durata de funcționare și implicit schimbarea corectă a uleiului sînt aspecte





1 - T90 EP2 - uzat 12000 km - ARO
2 - T90 EP2 - uzat 15000 km - ARO
3 - T90 EP2 - uzat 18000 km - ARO
4 - ulei hipoid uzat 12000 km - ARO
5 - ulei hipoid uzat 15000 km - ARO
6 - ulei hipoid uzat 18000 km - ARO

1 - T90 EP2 (ICITPR) - ulei uzat termomecanic
2 - T90 EP2 (ICITPR) - ulei nou
3 - T90 EP2 (PECO) - ulei uzat termomecanic
4 - T90 EP2 (PECO) - ulei nou
5 - TIN 310 EP - ulei uzat termomecanic
6 - TIN 310 EP - ulei nou

Fig. 4 și 5 Variația pierderii de masă în funcție de lucrul mecanic transmis prin angrenaj și treapta de încărcare, pentru uleiurile testate.

importante, atît din punct de vedere tehnic (siguranță în funcționare prin intermediul portanței de gripare), cît și din punct de vedere economic (intervale optime de schimb).

Totodată se poate semnala că cercetările în curs au și menirea stabilirii unei durabilități a uleiurilor minerale astfel încît acestea să mai poată fi regenerate și reutilizate, fie pentru roți dințate mai puțin încărcate, fie pentru alte organe de mașini sau pentru alte destinații (tratamente termice, emulsii etc.) [3].

Față de cele arătate mai sus, subliniem necesitatea luării în considerare, în calculul siguranței de funcționare a angrenajelor cu roți dințate lubrifiate cu uleiuri minerale, și a factorului timp calendaristic sau a numărului de cicluri.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Bartz, W.J.* : Verhutung von Schaden au Walz — und Schraubgetrieben durch zwechmasige ‚Schmierstroff Walh. Maschinenschaden, 1974, 47, Nr. 5, p. 165—174.

[2] *Tudor, A.* : Considerații asupra utilizării lubrifiantului ca element operațional în proiectarea angrenajelor puternic încărcate. Simpozion de mecanisme și transmisii mecanice. Reșița, 1976,

[3] *Tudor, A., Ilie, F.* : Criterii de stabilire a performanțelor mecanice ale unor uleiuri noi și regenerate, aflate în diferite stadii de degradare mecanică. Tribotehnica, București, 1987, vol. V, p. 343—354.

[4] x x x : Reducerea consumului de lubrifianți în transmisiile mecanice de uz general, inclusiv întocmirea propunerilor de normative de consum elaborate pe baza cercetărilor experimentale privind lubrificația, frecarea și uzarea organelor de mașini. Protocol de colaborare dintre I.C.T.C.M. București, Institutul Politehnic București, I.F.I.N. București și I.C.I.T.P.R. Ploiești 1981—1986.

[5] x x x : Uleiuri minerale. Determinarea rezistenței la presiuni ridicate pe cupla de frecare de tip roți dințate (SIGRD) (standard elaborat de catedra Organe de mașini și mecanisme din Institutul Politehnic București — în curs de apariție).

CZ : 658.562 : 621.317.78

Verificarea mecanismelor totalizatoare ale contoarelor monofazate de energie electrică

Dr. ing. Dan **PERJU**, ing. Ștefan **VARGA**, dr. ing. Gerhard **PURI** — Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara

Introducere

Ridicarea calității produselor fiind o condiție esențială pentru creșterea eficienței economice și participarea la circuitul mondial de valori materiale, societatea contemporană trăiește o permanentă competiție pentru calitate.

În general, asigurarea calității produselor într-o întreprindere este o problemă cu largi implicații economice, deoarece beneficiarii sînt interesați — în primul rînd — de calitate și fiabilitate, urmărind în același timp un preț de cost cît mai convenabil, în timp ce întreprinderea este interesată în primul rînd de prețul de cu care se realizează această calitate.

Unul din cele mai importante subansamble ale contorului monofazat este mecanismul totalizator. Proba de sensibilitate a contorului de energie electrică presupune ca momentul rezistent redus al mecanismului totalizator la axul discului, cînd tamburul sarcinilor se rotește fără comutare, să fie mai mic decît momentul generat de către bobina străbătută de un curent cu valoare de maximum 0,5% din cea nominală.

În absența unui mijloc pentru măsurarea momentului de frecare redus al mecanismului totalizator, acesta se montează în contor și se declară acceptat dacă va corespunde probei de sensibilitate.

Pentru creșterea productivității muncii, prin evitarea respingerii contoarelor la proba de sensibilitate, este necesar să se cunoască, înainte de montare în contor, dacă mecanismul integrator are momentul rezistent redus celui corespunzător pragului de sensibilitate.

Determinarea momentului de frecare redus prin metoda disipării energiei cinetice [1] are dezavantajul că nu reproduce condițiile reale de funcționare, lansarea făcîndu-se de la o viteză unghiulară superioară celei de regim.

În lucrare se prezintă o metodă și echipamentul aferent pentru verificarea mecanismelor integratoare înainte de montaj, bucată cu bucată, în condițiile producției în serie, care se bazează pe un microtorsiometru cu curenți turbionari.

Principiul metodei

Metoda de măsurare propusă se bazează pe compararea momentului de frecare redus al mecanismului totalizator, cu momentul corespunzător unor forțe magnetice ce apar între un inductor magnetic rotativ și cîmpul magnetic aferent curenților turbionari generați într-un indus masiv. Schema simplificată a torsiometrului bazat pe acest principiu este prezentată în figura 1.

Pe axul **1** al micrometrului electric sincron **ME** este montat un magnet permanent **MP**, de formă cilindrică și polarizare axială. Consumatorul **C** al cărui moment rezistent se determină, este solidar cu axul 2, de care este fixat și indusul masiv **I**, executat în formă de cupă, dintr-un material conductor neferomagnetic.

La rotirea magnetului permanent, în indusul **I** iau naștere curenți Foucault, care, prin interacțiunea cu cîmpul magnetic inductor, creează un moment comutabil M, depizînd de valoarea fluxului magnetic prin indus și de viteza relativă dintre indus și inductor. Pentru un magnet permanent dat și la un interstițiu constant,

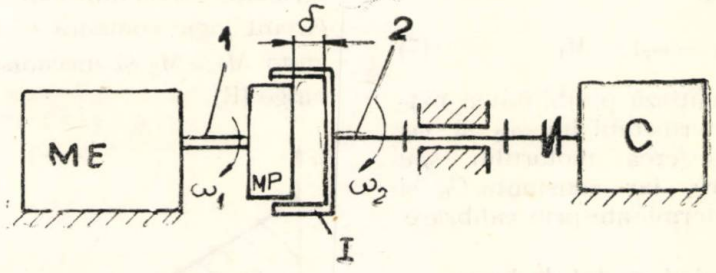


Fig. 1 Schema de principiu a microtorsiometrului.

momentul comutabil este proporțional cu viteza unghiulară relativă :

$$M = C_0(\omega_1 - \omega_2) = C_0 \Delta\omega \qquad (1)$$

Prin măsurarea vitezei unghiulare relative rezultă valoarea momentului comutabil, care, în regim stabilizat de funcționare, echilibrează momentul rezistent al consumatorului și momentele de frecare (din lagărele proprii ale aparatului cu aerul).

La funcționarea în regim nestabilizat (de exemplu la comutările între tamburi), viteza unghiulară a indusului variază. În acest caz ecuația mișcării este :

$$J\frac{d\omega_2}{dt} = M - (M_r + M_1), \qquad (2)$$

unde :

J reprezintă momentul de inerție masic redus la axul 2 (al indusului și al consumatorului);
M_r — momentul rezistent redus de măsurat ;
M_1 — momentul de frecare din lagărele microtorsiometrului și cu aerul.

Înlocuind (1) în (2) rezultă :

$$J\frac{d\omega_2}{dt} + C_0\omega_2 = C_0\omega_1 - (M_r + M_1) \qquad (3)$$

sau :

$$\frac{d\omega_2}{dt} + \frac{1}{T}\omega_2 = \frac{1}{T}\omega_1 - \frac{1}{J}(M_r + M_1) \qquad (4)$$

unde :

$$T = \frac{J}{C_0} \qquad (5)$$

este constanta de timp a sistemului.

Impunînd condiția inițială, după care consumatorul se cuplează în momentul $t = 0$, integrala ecuației (4) are după [2] forma :

$$\omega_2 = \omega_1 - \frac{M_r + M_1}{C_0} - \frac{M_r}{C_0}e^{-t/T} \qquad (6)$$

Se observă, că după depășirea timpului de acomodare (egal cu 1 . . . 3 s) pentru $T = (0{,}3 \ldots 0{,}8)$ s, între momentul rezistent de măsurat și viteza unghiulară a indusului se stabilește o relație liniară dată de :

$$M_r = C_0(\omega_1 - \omega_2) - M_1 \qquad (7)$$

Acest rezultat evidențiază posibilitatea măsurării lui M_r prin intermediul lui ω_2 și ω_1 fiind cunoscut după alegerea motorului sau eventual prin măsurare, iar constanta C_0 și momentul M_1 pot fi determinate prin calibrare.

Descrierea aparatului și modul de lucru

Aparatul pentru verificarea momentului rezistent redus al mecanismelor totalizatoare, bazat pe principiul descris mai sus, asigură montarea mecanismului **MT** în poziția sa normală de funcționare, antrenat fiind de melcul **m**, de aceeași geometrie ca și cel utilizat în contor (fig. 2) și pe lagăre identice cu cele din contor. Cupa este palpată optic de către un dispozitiv **DO** care emite în timpul măsurării unui circuit de integrare un număr de n_i impulsuri, cîte unul pentru o tură a cupei.

Interstițiul δ dintre cupa **C** (indusul) și magnetul permanent **MP** (inductorul) se reglează astfel ca viteza unghiulară a cupei (și a melcului

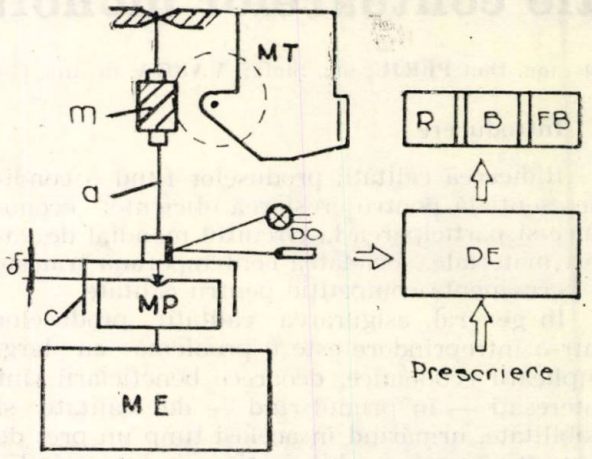


Fig. 2 Schema aparatului pentru verificarea momentului rezistent redus al mecanismelor totalizatoare.

m) să fie în domeniul vitezelor unghiulare ale contorului, reproducînd condițiile reale de lucru ale acestuia. Pentru contoarele monofazate, turația melcului este cuprinsă între $n_2 = 4{,}4 \div 352$ rot/min. Turația motorului de antrenare a microtorsiometrului s-a ales de $n_1 = 600$ rot/min rezultînd o turație relativă de $n_1 - n_2 = 258 \div 595{,}6$ rot/min.

Caracteristica mecanică a microtorsiometrului are conform relației (7) alura din figura 3. Cu n și N s-au notat în figură numerele de rotații ale cupei, corespunzătoare unor nivele de calitate limită. Astfel, n reprezintă limita inferioară corespunzătoare momentului M_2. Un circuit logic compară n_1 cu n. Dacă $n_1 < n$, rezultă $M_r > M_2$ și mecanismul totalizator se respinge (R).

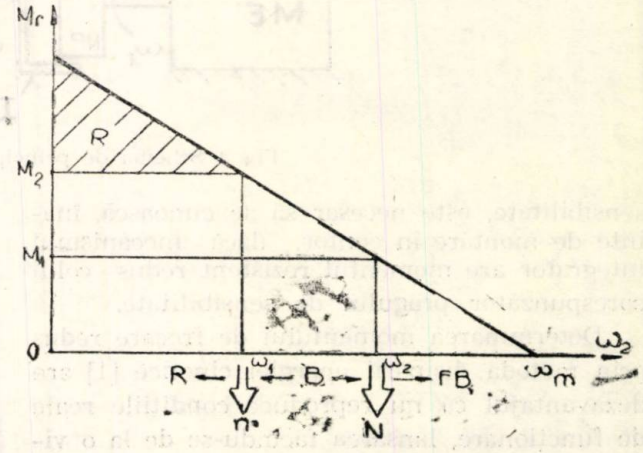


Fig. 3 Caracteristica mecanică a microtorsiometrului.

Pentru sortarea calitativă a mecanismelor integratoare acceptabile, se consideră un moment rezistent redus M_1 de valoarea celor mai mici obținute pe plan mondial ($4 \ldots 5.10^{-7}$ Nm), corespunzător căruia se determină numărul N. Mecanismele integratoare avînd $n_i > N$, deci $M_r < M_1$, se declară foarte bune (FB). Dacă $n < n_i < N$, atunci $M_1 < M_r < M_2$ și mecanismele măsurate se declară bune (B).

Valorile n și N se determină prin măsurări comparative. În acest scop, se selectează două mecanisme integratoare cu momentele reduse aproximativ egale cu M_1 și respectiv M_2. Pentru selectare, se montează mecanismele succesiv într-un contor și se controlează curentul în bobina de curent. M_2 corespunde acelui mecanism care pornește la limită dacă curentul devine 50 mA, iar M_1 dacă curentul devine 25 mA.

Durata de integrare ΔT se stabilește astfel încît să fie în mișcare numai tamburul zecimilor. Punînd indicația acestuia la zero el va putea parcurge maximum 0,9 ture fără a produce o comutare. În acest caz rezultă :

$$\Delta T \leqslant \frac{0{,}9}{P} \cdot 60 \text{ [min]} \qquad (8)$$

P fiind puterea activă a consumatorului controlat de contor.

Pentru contorul monofazat de uz casnic rezultă $\Delta T < 24{,}6$ [min] la $I = I_n$ și $\Delta T \leqslant 6{,}15$ [min], la $I = 4\ I_n$ presupunînd cos $\varphi = 1$.

Valorile n, N și ΔT se prescriu din exterior circuitului logic care apoi se sigilează.

Instalația industrială pentru verificarea mecanismelor totalizatoare de la contoarele monofazate

Organizarea rațională a locului de muncă constituie un factor de prim ordin în asigurarea unui cadru optim de confort și eficiență în activitatea productivă a omului.

Amenajarea locului de muncă implică luarea în considerare a unor aspecte majore : construirea echipamentului tehnic și a spațiului de muncă portivit dimensiunilor statice și dinamice ale corpului omenesc (datelor antropometrice) și amplasarea optimă a elementelor de bază și a celor auxiliare ale semifabricatelor și produselor finite.

La proiectarea echipamentului industrial, în stabilirea spațiului și amplasarea elementelor de bază și a celor auxiliare la locul de muncă, s-au avut în vedere următoarele cerințe de ordin general :

— asigurarea unei poziții adecvate a omului în timpul activității, prin dimensionarea corespunzătoare a echipamentului tehnic și a spațiului de muncă ;

— fixarea planului de muncă și amplasarea dispozitivelor informative și de comandă în ca-

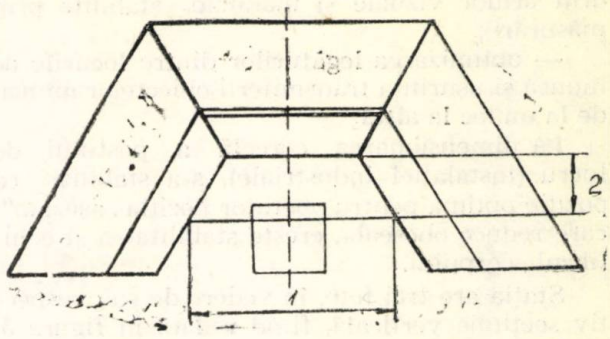
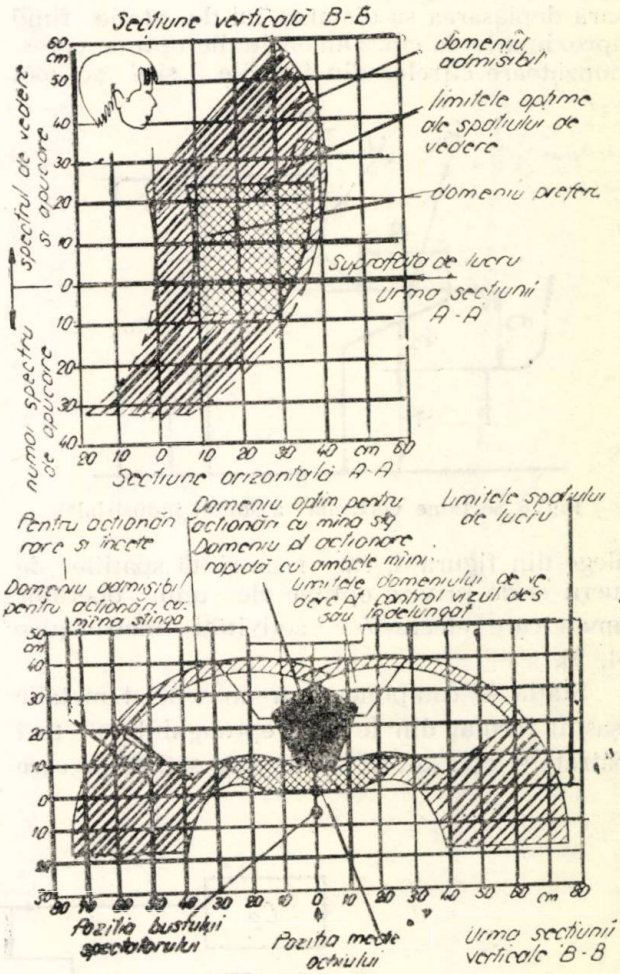


Fig. 4 Diagrama cu spațiile de lucru optime.



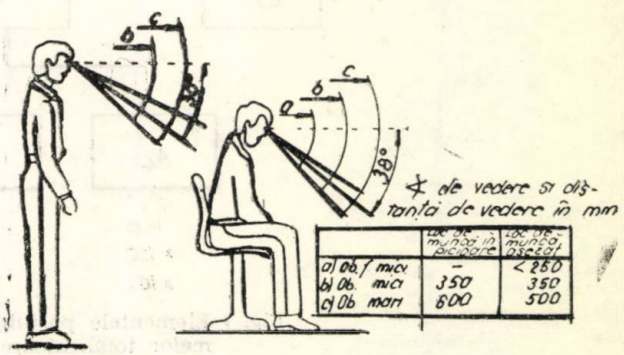


Fig. 5 Vedere de sus a stației industriale.

drul ariilor vizuale și manuale stabilite prin măsurări ;

— optimizarea legăturilor dintre locurile de muncă și ușurința transmiterii obiectelor muncii de la un loc la altul.

La dimensionarea corectă a postului de lucru (instalației industriale), s-a stabilit, ca poziție optimă pentru operator poziția „așezată", care reduce oboseala, crește stabilitatea și echilibrul corpului.

Stația are trei fețe, în vedere de sus, respectiv secțiune verticală, fiind redată în figura 5. În fața stației există un scaun rotativ pe care operatorul va putea lucra așezat, nefiind necesară deplasarea sa distanța lui de stație fiind aproximativ 60 cm. Dimensiunile optime corespunzătoare cifrelor din figurile 5 și 6 se pot

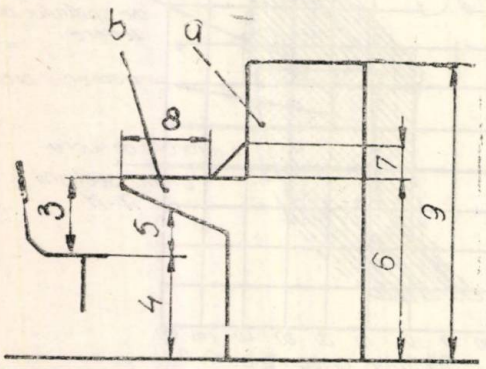


Fig. 6 Secțiune verticală a stației industriale.

alege din figura 4, care reprezintă spațiile de lucru și de privire optime ale unui operator uman care efectuează activități metrologice [4, 5].

Stația se compune dintr-un schelet metalic (șasiu) format din țevi dreptunghiulare, țevi pătrate și oțel lat, în construcție sudată pe care se montează fețe din tablă prin asamblare cu șuruburi.

În cei patru pereți frontali (fig. 4, 5) ai stației sînt prevăzute 24 decupaje pe două rînduri [3×(4+4)] pentru cele 24 posturi de verificare ale mecanismelor totalizatoare și cele 24 blocuri electronice de afișare.

Pe suprafețele orizontale (b) ale stației sînt prevăzute decupaje pentru cutiile cu mecanismele de verificat și cele verificate, pe categorii (FB, B, R).

Stabilirea numărului de posturi de lucru ale stației s-a făcut ținînd cont că demontarea unui mecanism și montarea altuia în locul lui (datorită unei prinderi prin clemă) se poate face în circa 15—20 s. Pentru 24 posturi revin deci 6—8 minute, corespunzător timpului ΔT necesar pentru verificarea unui mecanism, După schimbarea ultimului mecanism, la 6—8 minute de la schimbarea primului, la acesta verificarea s-a terminat, el putînd fi înlocuit și încadrat în una din cele trei categorii (FB, B, R). În acest mod într-un schimb de 8 ore se pot verifica între 1400 și 1900 mecanisme.

Prescrierea valorilor n, N, T se realizează centralizat pentru toate posturile unei stații de verificare a mecanismelor integratoare, prevăzute și cu un oscilator — divizor de frecvență (fig. 7).

Fiecare post de verificare conține circuitul de numărare a impulsurilor furnizate de oscilatorul și divizorul de frecvență ($\mathbf{B}_1$), circuitul de comparare ($\mathbf{B}_2$), circuitul sesizorului opticoelectronic ($\mathbf{C}_1$), circuitul de cuplare/decuplare prevăzut cu elemente de întîrziere ($\mathbf{C}_2$), circuitul logic de afișare a rezultatului verificării ($\mathbf{D}$).

Afișarea rezultatului se face prin aprinderea unor leduri (într-un anumit cod al culorilor), prin care se marchează încadrarea mecanismului integrator într-una din cele trei categorii menționate mai sus (FB, B, R).

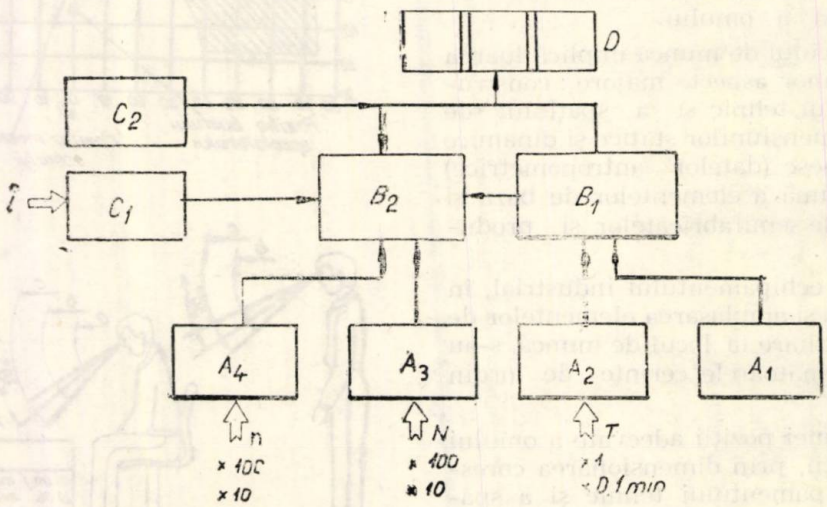


Fig. 7 Elementele postului de încercare a mecanismelor totalizatoare ale contoarelor monofazate de energie electrică.

Pe această cale, stația de verificare poate fi condusă de un operator cu o calificare relativ redusă.

Utilizarea stațiilor de verificare de acest tip asigură atît o creștere a calității contoarelor, cît și o sporire însemnată a productivității muncii.

Concluzii

Instalația industrială de verificare și sortare a mecanismelor totalizatoare de la contoarele de energie electrică, prezentată în lucrare, are avantajul că poate fi manevrată de personal cu calificare redusă avînd productivitate mare (aproximativ 2300 mecanisme pe zi). Verificarea mecanismelor totalizatoare, înainte de montarea în contor, duce la creșterea productivității muncii, deoarece contoarele nu vor mai fi respinse la proba metrologică finală de sensibilitate, din cauza mecanismelor totalizatoare cu moment rezistent prea mare.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Perju, D., Crudu, M.*: Studiu teoretic și experimental privind îmbunătățirea funcționării echipajului mobil și a mecanismului totalizator al contorului electric CAM 6. Protocol pt. IAEM 1974, 1975.

[2] *Perju, D., Varga, Șt.*: Microtorsiometru cu curenți turbionari. I-a Conferință națională de mecanică fină COMEFIN 1, vol. I, București, 1982.

[3] *Perju, D., Varga, Șt., Puri, G.*: Măsurarea momentului de frecare redus al mecanismelor integratoare ale contoarelor de energie electrică. Al III-a Simpozion național de metrologie București, 1984.

[4] *Popescu, E. și a.*: „Ghid ergonomic", Ed. Dacia, 1972.

[5] x x x: Handbuch der Arbeitsgestaltung und arbeitsorganisation VDI—Verlag Düsseldorf.

CZ : 621-52 : 625.44

Modularea utilajelor și liniilor de montaj — etapă importantă în automatizarea flexibilă a montajului (partea I)

Dr. ing. Dragomir **TOPAL** — I.C.T.C.M. București

Mașinile și liniile de montaj construite pe principiul modular oferă întreprinderilor care folosesc astfel de sisteme posibilitatea să reacționeze rapid și cu investiții scăzute la cerințele în continuă schimbare ale pieții.

Aceasta înseamnă că, printr-un grad înalt de refolosire a utilajelor modulare, se reduc — pe de o parte — investițiile întreprinderilor producătoare și, pe de altă parte, cele de proiectare și execuție a unor astfel de utilaje.

Ca să înțelegem cele enunțate mai sus să analizăm un ciclu tipic de viață al unui produs. În figura 1 sînt redate principalele faze ale ciclului de viață ale unui produs, raportate la timp. Din acest ciclu se observă că maturitatea produsului se obține într-un anumit interval de timp. Tendințele din ultimii ani arată că asupra duratei maturității produsului, dinamica pieții exercită o presiune continuă, ceea ce face ca durata solicitării să se micșoreze din ce în ce mai mult, pentru ca un alt produs cerut de piață

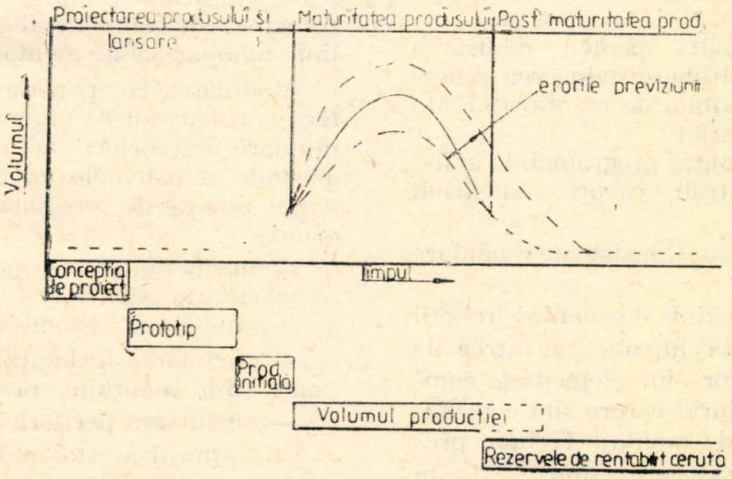


Fig. 1 Ciclu de viață al unui produs.

să-și facă apariția. De modul cum reușește să apară pe piață cu noul produs depinde rentabilitatea întreprinderii respective.

Aceasta înseamnă să se poată realiza varietatea de produse cerută de piața de desfacere cu aceleași utilaje, la care să se efectueze minimum de schimbări de dispozitive sau condiții tehnologice (minimum de investiție).

În figura 2 se prezintă o familie dè trei curbe, fiecare curbă reprezentînd durata de viață a unui produs, altfel spus — dinamica dezvoltării cîtorva produse.

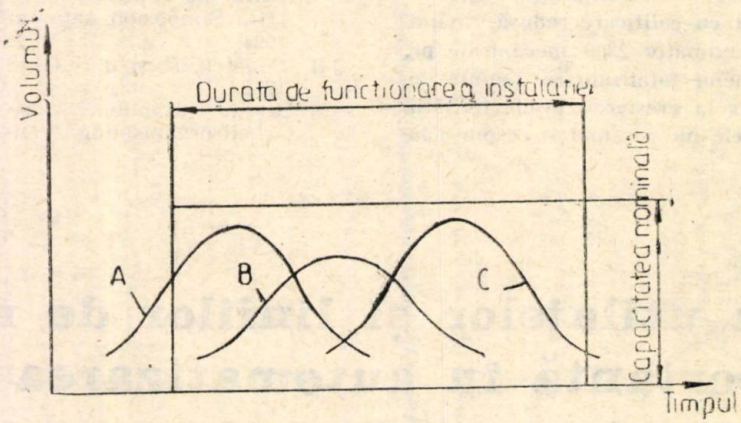


Fig. 2 Dependența în timp a flexibilității unui sistem de montaj.

În figură, ceea ce este încadrat arată pe orizontală durata de viață a instalației cu care se realizează aceste produse (în cazul nostru a instalației de montaj, care trebuie să fie cît mai lungă), ceea ce înseamnă că cu aceleași utilaje să se execute cît mai multe tipuri de produse din cadrul unei familii ; verticala, în oricare punct al abscisei, indică volumul de producție a produsului respectiv.

Din această diagramă reiese cu claritate că utilajele moderne trebuie să fie flexibile, pe ele putîndu-se monta o gamă de produse variate din cadrul aceleiași familii, cu investiții cît mai reduse.

Calea cea mai potrivită pentru realizarea acestui obiectiv o constituie introducerea și dezvoltarea sistemelor flexibile de montaj (S.F.M.) care se pot împărți astfel :

a — automate de montaj programabile avînd drept componenți centrali roboți industriali (S.F.M. propriuzis) ;

b — automate de montaj în sisteme modulare integrate.

În primul sistem flexibil de montaj, roboții industriali și în general echipamentul întreg de manipulare a produselor sînt elementele componente principale, în jurul cărora sînt construite sistemele flexibile de montaj. Trebuie precizat că procesul de introducere a unui SFM este de durată și are o valoare de investiție foarte ridicată.

În cel de al doilea sistem modularea constituie un alt mijloc practic, mai ieftin, de a realiza utilaje și linii de montaj relativ flexibil, care oferă posibilitatea producătorului să reacționeze rapid și cu investiții reduse la cerințele pieții.

Prin aplicarea sistemelor automate modulare de montaj se pot realiza :

— flexibilitate de schimbare a produselor — posibilitatea de a schimba producția pentru un nou produs în mod economic și rapid ;

— flexibilitate de flux tehnologic — posibilitatea ca funcțiile mașinilor care s-au defectat să poată fi preluate de alte mașini ;

— flexibilitate de dezvoltare — posibilitatea de a mări capacitatea sistemului după necesități, ușor și modular ;

— flexibilitatea de funcționare (exploatare) — posibilitatea de a schimba ordinea unor operații pentru o familie de piese.

Scopurile și componentele principale ale unui sistem modular pentru mașinile și liniile de montaj au fost prezentate centralizat în figura 3.

Analiza figurii 3 arată că urmărirea realizării scopurilor propuse determină modularea principalelor componente ale oricărui utilaj sau linie tehnologică de montaj.

Modularea componentelor de montaj se referă la : sistemul de alimentare, transfer și manipulare a pieselor, la utilajele tehnologice, mașinile și sistemele lor de comandă și la sistemul general de programare, planificare și comandă.

Conform figurii 4 modularea montajului comportă trei aspecte :

— modularea sistemului de comandă ;

— modularea instalațiilor de asamblare mecanică din montajul propriuzis ;

— modularea periferiei montajului.

Cu ajutorul acestor modulări se pot asigura soluții rentabile atît pentru executantul de mașini și linii de montaj, cît și pentru beneficiarii care exploatează astfel de utilaje.

Modularea sistemului de comandă

Dacă în etapa inițială de dezvoltare a sistemelor automate rigide de montaj, sarcinile sistemelor de comandă se rezumau la transmiterea datelor de comandă pentru mașinile sau liniile de montaj la emiterea semnalelor pentru aparatele de comandă ale diverselor dispozitive și utilaje tehnologice și la obținerea și fixarea datelor privind deranjamentele în timpul procesului de lucru, în echipamentele moderne de comandă a sistemelor flexibile de montaj se rezolvă sarcini de comandă mai complexe cu o flexibilitate adecvată.

Elementul esențial al unui sistem flexibil automatizat este sistemul său automatizat de conducere care asigură organizarea rațională a operațiilor de montaj (principale și auxiliare), preluarea automată a derulării procesului de asamblare, inclusiv reglarea lui și realizarea rapidă a transformării procesului pentru asamblarea altor tipuri de piese (din aceeași familie), fără a fi necesară schimbarea echipamentului de comandă.

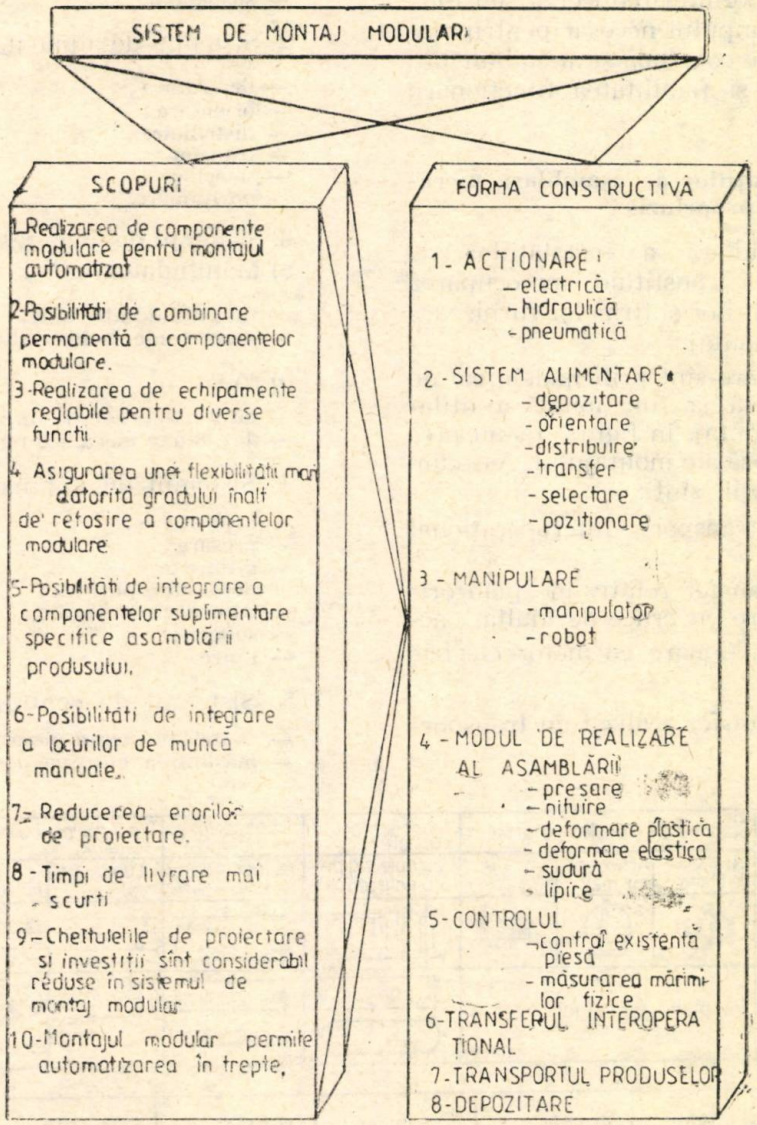


Fig. 3 Scopurile și componentele unui sistem modular pentru montaj.

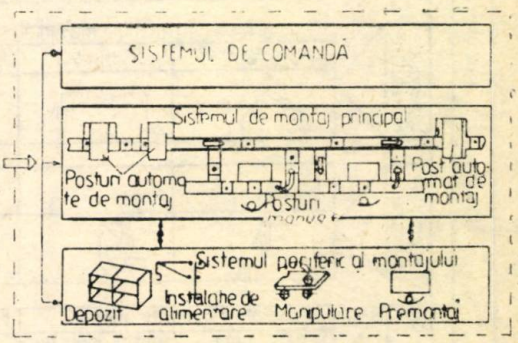


Fig. 4 Componentele principale ale unui sistem de montaj.

Ținînd seama de dezvoltarea rapidă a sistemelor flexibile modulare automatizate de montaj, este normală tendința de modulare și tipizare a sistemului de comandă pentru astfel de sisteme, ceea ce ar permite reducerea sensibilă a investițiilor și a timpului necesar pentru elaborarea sistemului de comandă și ar îmbunătăți calitatea proiectării și fiabilitatea funcționării unui astfel de sistem.

Modularea instalațiilor de asamblare mecanică din montajul propriuzis

Construcția modulară a instalațiilor de asamblare mecanică constituie preocuparea principală a proiectanților și firmelor furnizoare de echipamente de montaj.

Pentru a vedea care sînt principalele căi de modulare constructivă și funcțională a utilajelor și liniilor de montaj, în figura 5 s-au prezentat funcțiile de bază ale montajului. Așa cum rezultă, aceste funcții sînt :

1. Sistemul de transport interoperațional redat prin :

a) sistemul de transfer rotativ în plan orizontal avînd acționare cu cruce de Malta, acționare cu melc și acționare cu motor electric pas cu pas.

b) sistemul de transfer realizat cu transportoare :

— cu role ;
— cu role sensibile ;
— cu lanțuri articulate ;
— cu benzi ;
— cu lanț tip sandvik ;
— suspendat.

2. Sistemul de alimentare :

— depozitare ;
— orientare ;
— distribuire ;
— transfer ;
— selectare ;
— poziționare.

3. Sistemul de manipulare :

a) Manipulatoare cu :

— un grad de libertate ;
— două grade de libertate.

b) roboți :

— cu 3...6 grade de libertate ;
— 4...8 axe mecanice mobile.

4. Sistemul de îmbinare alcătuit din :

— înșurubare ;
— presare ;
— nituire ;
— deformare plastică ;
— deformare elastică ;
— sudare ;
— lipire.

5. Sistemul de control alcătuit din :

— control existență piesă ;
— măsurarea efectivă a mărimilor fizice.

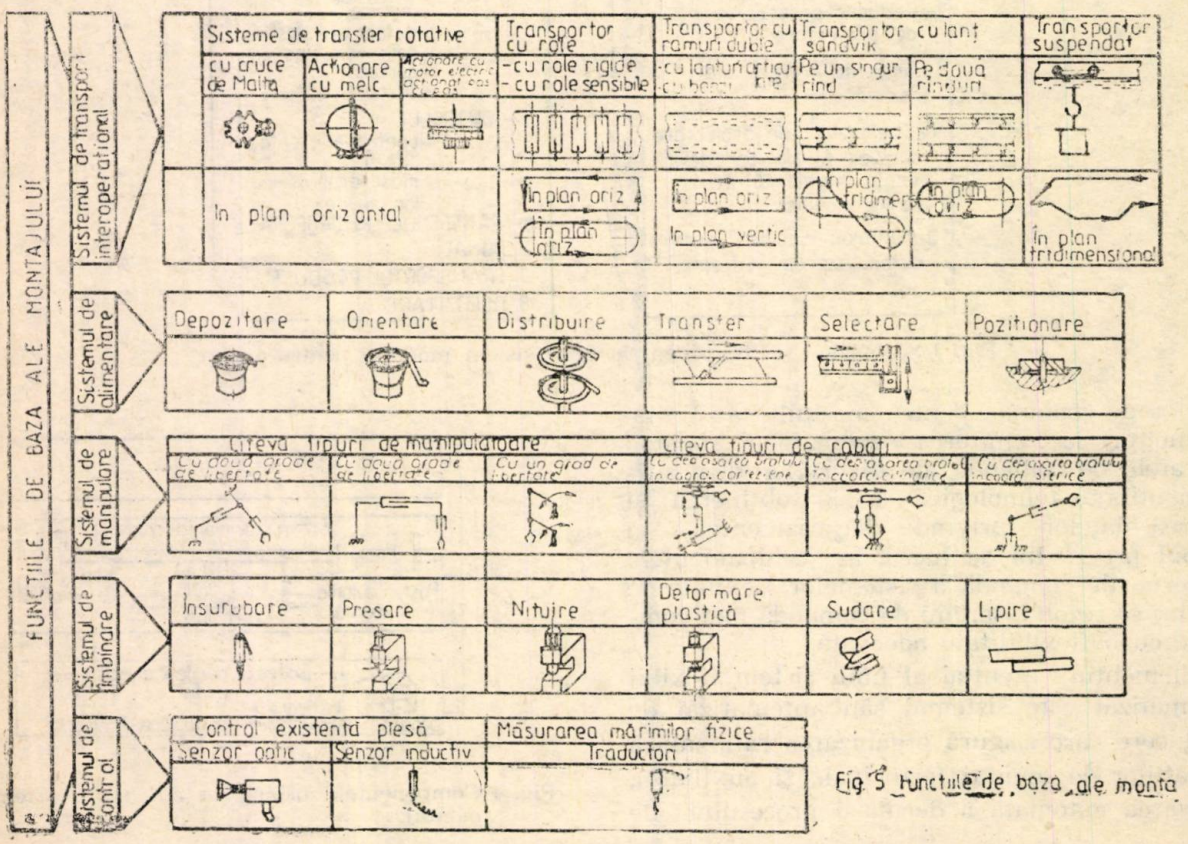


Fig. 5 Funcțiile de bază ale montajului.

Progresul tehnologic în domeniul montajului s-a materializat cu pregnanță în diversitatea mare de instalații de transport, în sistemele de alimentare și asamblare, parte din aceste soluționări fiind redate schematic în figura 5.

Experiența în domeniul montajului a arătat că pentru produse foarte diverse, funcțiile numeroase de asamblare se repetă sub o formă identică sau aproape identică. Drept urmare constructorii de instalații mecanice de asamblare au putut să standardizeze diferite soluții tehnice și, în consecință, s-au dezvoltat sistemele de construcție modulară pentru mașini și linii automate de asamblare.

Modularea este un principiu constructiv care permite de a se alcătui un număr limitat (sau nelimitat) de utilaje și dispozitive, plecînd de la combinarea de elemente tipizate pe baza unui program și unei game de module tip, într-un domeniu determinat de aplicație în speță domeniul utilajelor de montaj.

Optimizarea matematică poate determina gama minimă de utilaje și linii de montaj, cu ajutorul cărora să se poată satisface cerințele beneficiarilor de astfel de utilaje, fără să se creeze noi tipuri de utilaje.

Modularea mașinilor și liniilor de asamblare dă posibilitatea oricărui beneficiar, în cazul modificării produsului, să poată să-și adapteze mașinile sau liniile respective la noua situație înlocuind sau combinînd diferite construcții modulare.

Unitatea de bază reprezintă un element de construcție fundamentală care se echipează cu elemente componente care sînt unități complementare conduse de un sistem cu funcțiuni determinate. Unitatea se compune în general din :

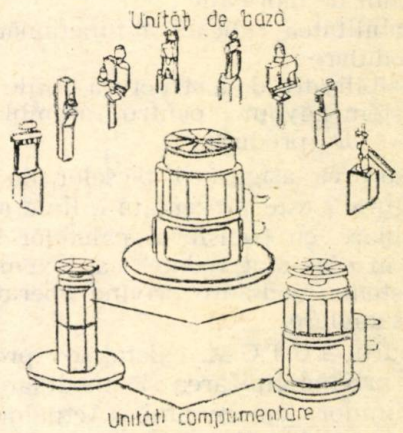


Fig. 6 Joc de echipamente modulare pentru mașini și automate cu transfer circular.

— batiu/șasiu ;
— dipozitiv de transfer sau ansamblu șasiu de transfer ;
— unități de forță și avans ;
— dispozitive pentru comanda unităților complementare.

Pentru a asigura funcțiunile de asamblare, unitățile de bază sînt combinate cu unități complementare : unități de sortare și alimentare, unități de asamblare, unități de verificare și de control etc.

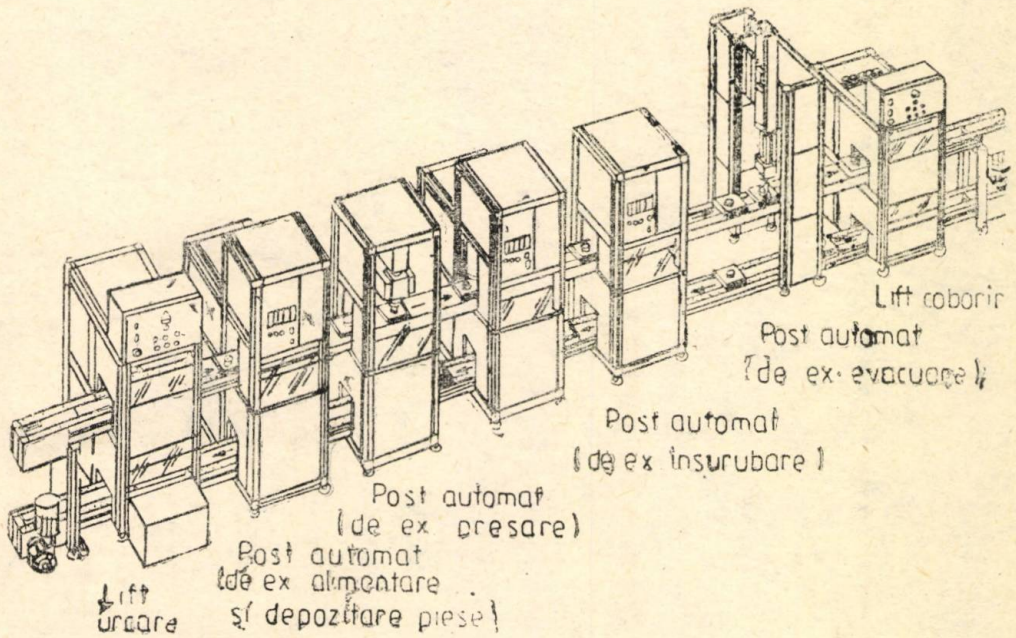


Fig. 7 Linie de asamblare cu circularea paletelor în plan vertical.

În figura 6 se prezintă un joc de echipamente modulare pentru mașini automate cu transfer circular.

Acest joc de echipamente modulare prezintă avantaje deosebite pentru instalațiile de asamblare mecanică și conduce la :

— reducerea cheltuielilor de concepție și realizare, datorită utilizării unităților de fabricație tipizate ;

— producția de utilaje modulare în serie mică sau mijlocie, ceea ce determină reducerea cheltuielilor de fabricație ;

— fiabilitatea ridicată a funcționării utilajelor modulare ;

— posibilitatea de a structura liniile de montaj în sistem Layout, pentru asamblarea de variante de produse ;

— ușurarea asigurării pieselor de schimb.

În figura 7 este prezentată o linie automată de asamblare, cu transferul paletelor în plan vertical, în care sînt redate ca exemplificare cîteva sisteme modulare privind operațiile clasice de asamblare.

În cadrul I.C.T.C.M. există o preocupare continuă privind tipizarea și modularea mașinilor și liniilor de montaj. Actualmente se lucrează la cea de a doua generație privind tipizarea și modularea acestor utilaje și tratarea lor va constitui partea a doua a prezentului articol.

Modularea periferiei montajului

Prin periferia montajului se înțelege : sistemul de depozitare, instalațiile de alimentare, sistemul de alimentare a montajului propriu-zis, premontajul pieselor și în general circulația reperelor înainte de asamblare și evacuarea produselor realizate.

Asupra tuturor acestor sisteme trebuie acționat pentru a se asigura integrarea lor în cadrul sistemului flexibil de montaj.

În concluzie, se poate spune că factorii economici, sociali și tehnici au sporit rolul automatizării flexibile a montajului și în acest articol s-a prezentat modalitatea de dezvoltare gradată a sistemului flexibil de montaj prin modularea mașinilor și a liniilor de asamblare.

[1] *Mortimer, J.* : Integrated Manufacture. IFS (Publications) Ltd, UK Springer — Verlag Berlin, 1985.

[2] *Drimer D. ș.a.* : Roboți industriali și manipulatoare. Ed. Tehnică, București, 1985.

[3] x x x : O.I.D. Tendințe recente în fabricația flexibilă SID 75—1987.

[4] *Waterbury, R.* : Whirlpool Corporation Adopts To Vortex Of Change. In: Assembly Engineering, june, 1985.

[5] *Heginbotham, W.B.* : Programmable Assembly IFS (Publications) Ltd. UK. Springer — Verlag, Berlin, 1984.

[6] *Peneș, D.* : Roboți industriali. vol. I RI. PCF— 1986.

[7] *Lupu, C., Stoenescu, S.* : Microprocesoare. Ed. Militară, București, 1986.

[8] *Eversheim, W. ș.a.* : Entwicklung eines modularen Montagesystems In: Industrie Anzeiger, nr. 100, v. 14.12/1984.

[9] *Krempel, F.* : Ein Montage — Baukastensystem fur große Produkte in: Industrie Anzeiger, Nr. 100 v.14. 12/1984.

[10] *Fuchs, H., Sünner, H.*: Einführen der Modul-Fertigunstechnik für die Montagebänder der Automobilindustrie. In: Werkstatt und Betrieb nr. 7/ 1985.

[11] *Schupp, H.* : Flexible Montageautomation in der ‚Automobil-industrie. In: Fachinformation von ‚kuka Augsburg, 11. 1983, nr. 26.

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ
pentru
INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

difuzează în anul 1988

materiale de informare despre realizări din țară și din străinătate privind preocupările actuale în domeniul construcțiilor de mașini, de ex.: programul energetic, valorificarea surselor proprii de materii prime, calitatea produselor, economisirea materiilor prime și reciclarea deșeurilor, productivitatea muncii etc.

Materialele sînt grupate în serii:

Simbolul	Denumirea seriei
	REALIZĂRI ALE CERCETĂRII ROMÂNEȘTI
RCM	Revista „Construcția de mașini"
ID	INFORMARE DOCUMENTARĂ asupra nivelului progresului tehnic pe plan mondial în industria construcțiilor de mașini
	Informări pentru cadre de conducere:
IDCM	Informare documentară în construcția de mașini
IDCM-C	Informare documentară în construcția de mașini — conjunctură
IDCM-E	Informare documentară în construcția de mașini-energie
IDCM-O	Informare documentară în construcția de mașini-organizare
IDCM-PM	Informare documentară pentru protecția muncii
	Informări pentru specialiști:
IDT	Informare documentară în turnătorii
IDTT	Informare documentară pentru tratamente termice
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări prin deformare plastică
IDS	Informare documentară pentru sudori
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări la rece
IDCC	Informare documentară pentru calitate și control
IDMK	Informare documentară pentru prognoză și marketing
IDAR	Informare documentară pentru automatizare, robotizare
IDRC	Informare documentară privind reducerea consumurilor de materiale și energie

Simbolul	Denumirea seriei
	SINTEZE DOCUMENTARE privind **nivelul tehnic pe plan mondial** în industria construcțiilor de mașini
SID	Noutăți în diverse domenii
	REALIZĂRI ALE UNITĂȚILOR MICM
CO, CTN, CMA, CA, PTN, SE, CSSM, RSM, CES, CTO, CT	**Cataloage de fișe tehnice** de produse, tehnologii și mecanizări, automatizări autoutilări, SDV-uri Realizări deosebite, omologări standarde etc. Realizări în sudare Echipamente de sudare Produse tipizate, descrieri de tehnologii
	DOCUMENTE NORMATIVE
BI	**Buletinul intern MICM**
NT	Normative tehnice
LPCM, R	Liste de prețuri în construcția de mașini, reduse
ITC	Indicatoare tarifare de calificare
NPM	Normative și ghid de protecția muncii în construcția de mașini
	MATERIALE DOCUMENTARE **în ajutorul proiectării și al producției**
	CERCETĂRI COMPLEXE DE INFORMARE ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ
CCIST-R și P	Cercetări retrospective și continui
SIDCM-A și B	Sistemul de informare documentară automatizat, pentru articole de revistă și brevete

Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Industria Construcţiilor de Maşini, înfiinţat încă din anul 1965, are o bogată experienţă în cercetare şi proiectare tehnologică specifică pentru construcţiile de maşini. În cadrul Institutului se desfăşoară trei tipuri de activităţi:

1. Cercetarea de procese tehnologice (metode de fabricaţie) noi în cadrul laboratoarelor special amenajate pentru experimentarea şi optimizarea procedeelor, regimurilor sau reţetelor tehnologice precum şi cercetarea în vederea asimilării în fabricaţia de serie a unor echipamente şi produse noi în domeniile: prelucrări prin aşchiere, ştanţare, ambutisare şi prin tehnologii neconvenţionale, manipulare automată montaj mecanizat şi automatizat, acoperiri de protecţie şi decorative, control activ, interoperaţional şi final.

2. Elaborarea de tehnologii integrate şi sisteme complexe de fabricaţie pentru prelucrarea unor piese sau grupe de piese sau produse, cu adoptarea celor mai eficiente procedee, inclusiv proiectarea maşinilor speciale, dispozitivelor şi sculelor.

3. Execuţia, în limita capacităţilor propriului său atelier, a echipamentelor tehnologice proiectate. Acordarea de asistenţă tehnică pentru punerea în funcţiune la parametrii proiectaţi a proiectelor elaborate.

ICTCM EFECTUEAZĂ:

● Studiul problemelor tehnologice individuale sau legate de realizarea unui anumit produs ; ● Elaborarea de procedee tehnologice noi sau dezvoltarea şi îmbunătăţirea unor tehnologii existente ; ● Experimentarea în laborator şi în producţie a procedeelor elaborate ; ● Întocmirea proiectelor de execuţie pentru liniile, maşinile dispozitivele sau sculele necesare aplicării tehnologiilor elaborate ; ● Întocmirea proiectelor de utilare tehnologică a secţiilor sau atelierelor în care se vor realiza tehnologiile respective ; ● Construcţia în ateliere proprii a utilajelor proiectate ; ● Execuţia de prototipuri de maşini şi dispozitive şi experimentarea acestora în vederea introducerii lor în fabricaţia de serie ; ● Elaborarea de metode de măsură şi control interoperaţii şi final, proiectarea şi executarea utilajelor necesare controlului şi sortării cu diferite grade de automatizare ; ● Proiectarea şi eexcutarea de bancuri de probă pentru studii de laborator şi fabricaţia de serie ; ● Organizarea fabricaţiei, transportului intern şi depozitării în secţiile şi atelierele destinate aplicării noilor tehnologii, planificarea şi urmărirea producţiei ; ● Elaborarea de sisteme pentru automatizarea pregătirii tehnologiei precum şi pentru planificare, lansare şi urmărire cu ajutorul calculatorului electronic ; ● Acordarea de asistenţă tehnică pentru aplicarea procedeelor tehnologice elaborate şi pentru punerea în funcţiune a utilajelor proiectate şi executate; ● Acordarea de licenţe, know-how şi punerea la dispoziţie a documentaţiei de execuţie pentru lucrările executate de institut.

MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI — OID—ICM

71102 Calea Victoriei Nr. 133, București, sector 1

Telefon 50.31.30 Căsuța poștală 22-125

1989 JUL 27

DESPRE PROGRESUL TEHNIC ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI DIN ȚARĂ ȘI STRĂINĂTATE VĂ PUTEȚI INFORMA PRIN :

- PUBLICAȚIILE OID—ICM
- DOCUMENTAREA CU CALCULATORUL (SISTEMUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI, SID—CM)

CONSTRUCŢIA DE MAŞINI

E 3279

GSE

MOTOARE
CU
ARDERE
INTERNĂ

Referálv

R 1988 DEC 28

INSTITUTUL
NAŢIONAL
DE
MOTOARE
TERMICE

9

BUCUREŞTI - ANUL XL - 1988

CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
EDITOR: OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ANUL XXXX, 9, septembrie, 1988

CUPRINS

Motoare cu ardere internă

TEODORESCU, L., DINCĂ, M., BĂLOIU, S., GLAJA, N.: **Utilizarea echipamentelor de injecție de înaltă presiune pentru motarele diesel destinate tracțiunii grele** 457

GRÜNWALD, B.: **Semnificația unei condiții empirice de optimizare a mișcării de rotație a gazelor din cilindrul unui motor diesel, cu aplicație la combustibilii neconvenționali** 462

GRÜNWALD, B.: **Despre conceptul de macromixtură la motoarele diesel cu cameră unitară, cu mișcare de rotație a fluidului motor** 468

APOSTOLESCU, N., ZĂTREANU, GH., NEGURESCU, N., NEDELCU, D., CHIRIAC, R.: **Studiul vitezei de propagare a flăcării laminare în combustibilii gazoși** 474

CHIRILĂ, C., MITRACHE, M., IVAN, F., GRÜNWALD, B. **Cercetări privind performanțele unei camere de ardere derivate din noua cameră de ardere a motorului pentru turismul DACIA** 481

TARAZA, D.: **O teorie unitară a echilibrajului motoarelor cu cilindrii dispuși în „V"** 485

SFINȚEANU, DR., APOSTOLESCU, N., GRÜNWALD, B., NEGURESCU, N., BOGDAN, L., NEDELCU, D., CHIRIAC, R.: **Cercetări preliminare privind adaptarea unui motor cu aprindere prin scînteie, la funcționarea cu amestec benzină-hidrogen** 490

VĂRZARU, D., VASILIU, AL., **Metodă numerică pentru alegerea regimurilor de așchiere a materialelor specifice fabricației de motoare termice, la prelucrarea mecanică pe mașinile-unelte cu comandă numerică** 494

PIMSNER, V., NEGULESCU, D.: **O metodă de calcul al curgerii spațiale din treapta turbinei axiale** 497

GROSU, FL.: **Considerații privind aprecierea vibrațiilor mecanice ale mașinilor principale și auxiliare navale** 504

ABĂITĂNCEI, D., RADU, GH., CHIRU, A., COFARU, C., PREDA, I., ABĂITĂNCEI, MARIA **Eficiența răcirii intermediare a aerului de admisie la un M.A.C. de mare putere pentru autovehicule** 511

JIANU, C., MOISESCU, V., TRANDAFIR, M., CIOBANU, B., **Experimentarea sistemului de injecție destinat generatorului de gaz inert de 1000 Nm^3/h. Probleme și rezolvări** 516

SIDON, S., PLETER, OCT.: **Sistem de achiziție a datelor în anemometria cu laser aplicată la măsurarea turbulenței încărcării unui motor cu piston antrenat** 523

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului Științific al Institutului Central pentru Construcții de Mașini

Redactor șef: ing. Teodosia Oprescu
Redactor: Șerban Teodorescu
Coordonatori: Dr. ing. Nicolae Stoica, dr. ing. Sergiu Băloiu

SUMARE

CZ : 621.436 : 621.694

Teodorescu, L., Dincă, M., Băloiu, S., Glăja, N.: **Utilizarea echipamentelor de injecţie de înaltă presiune pentru motoarele diesel destinate tracţiunii grele**

Lucrarea are ca obiect realizarea unui sistem de injecţie de presiune înaltă şi definitivarea pe cale experimentală a influenţei pe care îmbunătăţirea umplerii o are în raport cu micşorarea intensităţii mişcării de rotaţie a fluidului motor. Sînt urmărite performanţele globale în condiţiile corelării geometriei jetului de combustibil cu performanţele gazodinamice ale chiulaselor. Studiul comparativ al soluţiei energetice originale raportată la soluţia de referinţă constituită de echipamentul de injecţie clasic, s-a realizat prin încorporarea succesivă a acestora în acelaşi motor monocilindric parcurgîndu-se aceleaşi regimuri de funcţionare

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 9, 6 fig.

CZ : 662.61 : 621.436

Grünwald, B.: **Semnificaţia unei condiţii empirice de optimizare a mişcării de rotaţie a gazelor din cilindrul unui motor diesel, cu aplicaţie la combustibilii neconvenţionali**

Conceptul tradiţional privind formarea amestecului la motoarele disel cu cameră unitară cu mişcare de rotaţie a fluidului motor, stabilit pe baza duratei de injecţie, este limitat, are o semnificaţie empirică şi nu oferă informaţii satisfăcătoare pentru proiectare, cînd se utilizează combustibili cu calităţi de vaporizare sensibil diferite. Este aplicat un nou concept de formare a amestecului la utilizarea parţială sau integrală a două clase de combustibili neconvenţionali : gaze naturale şi alcooli. Se arată că modificările constructive necesare pentru optimizarea mişcării de rotaţie şi a randamentului indicat sînt opuse celor pe care le indică conceptul tradiţional pentru cele două clase de combustibili.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 9, 4 fig., 1 tab., 7 ref. bibl.

CZ : 662.61 : 621.436

Grünwald, B.: **Despre conceptul de macromixtură la motoarele diesel cu camera unitară, cu mişcare de rotaţie a fluidului motor**

Se dezvoltă un concept nou de macromixtură în planul tranversal al cilindrului, la un motor diesel cu cameră unitară de ardere, bazat pe durata de vaporizare a combustibilului din jet. Se definesc două noţiuni distincte pentru raportul de vîrtej şi se stabilesc condiţiile de optimizare a mişcării de vîrtej a fluidului motor. Se arată că optimizarea procesului de amestecare conduce la un randament maxim maximorum, pe care proiectarea şi cercetarea trebuie să-l atingă.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 9, 7 fig., 3 ref. bibl.

CZ : 662.61

Apostolescu, N., Zătreanu, Gh., Negurescu, N., Nedelcu, D., Chiriac, R.: **Studiul vitezei de propagare a flăcării laminare în combustibili gazoşi**

În lucrare se prezintă tehnica experimentală şi metodica de prelucrare a datelor care a fost dezvoltată pentru studiul vitezei de propagare a flăcării laminare în combustibili gazoşi. Ele au fost verificate pentru diferite amestecuri metan-hidrogen, dar vor putea fi extinse în viitor şi pentru combustibili lichizi.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 9, 11 fig.

CZ : 621.431.73

Chirilă, C., Mitrache, M., Ivan, F., Grünwald, B.: **Cercetări privind performanţele unei camere de ardere derivate din noua cameră de ardere a motorului pentru turismul Dacia**

Se prezintă rezultatele obţinute la cercetarea teoretică şi experimentală a unei camere de ardere încorporate în piston, destinate unui motor cu aprindere prin scînteie de litraj mediu. Cercetarea pune în evidenţă faptul că o cameră de ardere în piston, necentrată, cu mişcare radială intensificată, funcţionează mai eficient la sarcini şi turaţii reduse. O decizie privind adoptarea trebuie corelată cu destinaţia motorului, adică trebuie corelată cu frecvenţa regimurilor de încărcare a motorului în exploatare.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 9, 10 fig., 2 tab., 2 ref. bibl.

CZ : 621.4-755

Taraza, D.: **O teorie unitară a echilibrajului motoarelor cu cilindrii dispuşi în „V"**

Lucrarea se ocupă de echilibrajul motoarelor în „V" echipate cu mecanisme bielă-manivelă normale şi axate. Teoria elaborată este generală, relaţiile de calcul putînd fi particularizate atît pentru motoarele în „V" propriu-zise, la care numărul de manivele ale arborelui cotit este egal cu jumătate din numărul de cilindri, cît şi pentru motoarele în „V" cu cilindri intercalaţi, avînd numărul de manivele egal cu numărul de cilindri.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 9, 5 fig., 3 ref. bibl.

CZ : 621.431

Sfinţeanu, D., Apostolescu, N., Grünwald, B., Negurescu, N., Bogdan, L., Nedeicu, D., Chiriac, R.: **Cercetări preliminare privind adaptarea unui motor cu aprindere prin scînteie la funcţionarea cu amestec benzină-hidrogen**

În lucrare sînt prezentate rezultatele obţinute pe standul de probe, ca urmare a încercărilor efectuate cu un motor cu aprindere prin scînteie cu alimentare mixtă benzină-hidrogen, din punctul de vedere al economiei de combustibil convenţional, al randamentului termodinamic şi al nivelului de emisii poluante.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 9, 8 fig.

CZ : 621.91.06 : 62-52

Vărzaru, D., Vasiliu, Al.: **Metodă numerică pentru alegerea regimurilor de aşchiere a materialelor specifice fabricaţiei de motoare termice, la prelucrarea mecanică pe maşinile unelte cu comanda numerică**

Lucrarea tratează problema stabilirii regimurilor de aşchiere a materialelor specifice fabricaţiei de motoare termice la prelucrarea mecanică pe maşinile unelte cu comandă numerică. Se propune o metodă de determinare a regimurilor de aşchiere, compusă din două faze : în prima parte se fac determinări de aşchiere pe materialul de studiu ; în partea a doua, datele experimentale se introduc într-un program de calcul care dă ca rezultat regimurile de aşchiere reale, de pe maşina unealtă cu comandă numerică. La sfîrşitul lucrării se dă un tabel cu rezultatele obţinute pe unele materiale cercetate.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 9, 4 fig., 1 tab.

CONTENTS

DC : 621.436 : 621.694

Teodorescu, L., Dincă, M., Băloiu, S., Glăja, N.: **The Use of High — Pressure Injection Equipment in Heavy — Duty Traction Diesel Engines**

The paper deals wiht the achievement of a high — pressure injection system and the definitization, by means of tests, of the filling improvement influence, in connection with the decrease of the working fluid rotational motion. The overall performance is described, under the circumstances of correlating the fuel jet geometry with the gas — dynamics performance of the cylinder — heads. A comparative study between the system and the standard injection equipment was carried out, succesively incorporating the new components into the same one — cylinder engine, within the same operating conditions.

Construcţia de maşini, 40 (1933), Nr. 9, 6 Figs.

DC : 662.61 : 621.436

Grünwald, B.: **The Significance of Some Empirical Conditions of Optimizing the Rotational Motion of the Gases in the Cylinder of a Diesel Engine, Applied to Non — Conventional Fuels**

The paper shows that traditional concept regarding mixture formation in unitary chamber Diesel egines with rotational motion of the working fluid, established on the basis of the injection duration is limited, has an empirical significance, and does not offer satisfactory information for designing, when some fuels with verry different vaporization qualities are used. A new concept of mixture formation is applied, for the partial of integral use of two classes or non — conventional fuels : natural gas and alcohols. It is shown that the constructive modifications necessary for the optimization of the rotational motion and of the indicated efficiency are opposed to those indicated by the traditional concept for the two fuel classes.

Construcţia de maşini, 40 (1933), Nr. 9, 4 Figs., 1 Tab., 7 Paps.

DC : 662.61 : 621.436

Grünwald, B.: **On the Concept of Macromixture in Unitary Chamber Diesel Engines, with Rotational Motion of the Working Fluid**

A new concept of macromixture in the transversal plane of the cylinder, in a unitary chamber Diesel engine is developed, based on the vaporization duration of the fuel in the jet. Two distinct notions for the vortex ratio are defined, and the optimization conditions of the working fiuid vortex are motion. It is shown that the optimization of the mixing process leads to a maximum possible efficiency which should be achieved by designing and research.

Construcţia de maşini, 40 (1933), Nr. 9, 7 Figs., 3 Paps.

DC : 662.61

Apostolescu, N., Zătreanu, Gh., Negurescu, N., Nedelcu, D., Chiriac, R.: **Investigation of the Laminar Flame Speed in Gaseous Fuels**

An experimental technique and the corresponding computing method to derive the laminar flame speed in gaseous fuels, has been developed. All has been tested on different mixtures of methane and hydrogen; it could be extended in the future to liquid fuels.

Construcţia de maşini, 40 (1933), Nr. 9, 11 Figs.

DC : 621.431.73

Chirilă, C., Mitrache, M., Ivan, F., Grünwald, B.: **Researches regarding the performances of a combustion chamber derived from the Dacia 1300 passenger car engine combustion**

The present work compries the rezulte obteined during the theoretical and experimental research work developed on a piston combustion chamber, ment for a spark ignition engine with sverage capacity. The research highlights the fact that a piston combustion chamber miseligned, with a radial movemont intensified, runs more efficiently at low logds and speed.

When deciding its employment one should take into account the purpose of the engine, i.e. it should be relative to loading reanges frequency for the engine to be used.

Construcţia de maşini, 40 (1933), Nr. 9, 10 Figs., 2 tabs., 2 Paps.

DC : 621.7-755

Taraza, D.: **A General Theory of the Balancing of V Type Engines**

The work is dedicated to the balance of V — type engines provided with normal, non off-set reciprocating mechanisms. The developed theory has a general character; the formulas are established in such a way that they may be particularized erther to normal V — engines, equiped with crankshafts having a number of throws equal to half the number of the cylinders, or to V — engines with staggered cylinders, equiped with crankshafts having a number of throws equal to the number of cylinders.

Construcţia de maşini, 40 (1933), Nr. 9, 5 Figs., 3 Paps.

DC : 621.431

Sfinţeanu, D., Apostolescu, N., Grünwald, B., Negurescu, N., Bogdan, L., Nedelcu, D., Chiriac, R.: **First Remarks concerning a Spark — Ignition Engine adapted to Operate with a Gasoline — Hydrogen Mixture**

A research program was carried out on a test stand with a SI engine fueled with a gasoline — hydrogen mixture. The results were analyzed from the view-points of thermodynamic efficiency and exhaust emissions. Gasoline savings were established when comparing with the standard engine, fueled with gasoline.

Construcţia de maşini, 40 (1933), Nr. 9, 8 Figs.

DC : 621.91.06 : 62—52

Vărzaru, D., Vasiliu, Al.: **A Numerical Method for the Selection of the Splintering Conditions for the Material Specifically used in Thermal Engines Manufacture, for Mechanical Processing on Numerically Controlled Machine-Tools**

The paper deals with the problem of establishing the splintering conditions for the materials specifically used in thermal engines manufacture, for mechanical processing on numerically controlled machine-tools. A method of splintering conditions determination in two phases is proposed : during the first one, splintering determinations on the studied materials are done ; during the second one, the experimental data are introduced in a calculation programme which gives as a result the actual splintering conditions on the numerically controlled machine-tools. At the end of the paper, a table is given, including the results obtained on several materials studied in our Institute.

Construcţia de maşini, 40 (1933), Nr. 9, 4 Figs., 1 Tab.

SOMMAIRES

CD : 621.436 : 621.694

Teodorescu, L., Dincă, M., Băloiu, S., Glăja, N. : **L'utilisation des equipements d'injection d'haute pression pour les moteurs diesel destinés aux lourdes tractions**

L'oeuvre a comme objet la réalisation d'un système d'injection d'haute pression et l'achèvement expeperimentallement, de l'influence qui l'amélioration du ramplissage l'a au rapport à la diminution de l'intensité du mouvement de rotation du fluide moteur. Sont suivies les performances globales dans les conditions de la corrélation de la géometrie du jet de combustible à performances gaz-dinamiques des culasses. L'étude comparatif de la solution énérgetique rapportée à la solution de référence constituée par l'équipement d'injection classique, a été réalisée par l'incorporation succesive des ceux-ci dans le même moteur monocylindrique en parcurant les mêmes régimes de fonctionnement.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 9, 6 fig.

CD : 662.61 : 621.436

Grünwald, B. : **La signification d'une condition empirique d'optimisation du mouvement de rotation des gaz du cylindre d'un moteur diesel, avec l'application aux combustibles nonconventionnels**

On montre que le concept traditionnel de la formation du mélange aux moteurs diesel à chambre unitaire, à mouvement de rotation du fluide — moteur établi à la base de la durée d'injection, est limité à une signification empirique et n'offre pas d'informations suffisanttes pour la projection, lorsqu'on utilise des combustibles à des qualités de vaporisation sensiblement différentes. On est appliqué un nouvel concept de formation du mélange à l'utilisation partielle ou intégrale de deux classes de combustibles nonconventionnels; des gaz naturels et des alcools. On montre que les modiffications constructives nécessaires pour l'optimisation du mouvement de rotation et du randament indiqué sont opposés à ceux qui les indique le concept traditionnel pour les deux classes de combustibles.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 9, 4 fig., 1 tab., 7 ref. bibl.

CD : 662.61 : 621.436

Grünwald, B. : **Sur le concept de macromixture aux moteurs diesel à l'antichambre unitaire à mouvement de rotation du fluide-moteur**

On dévéloppe un nouveau concept de macromixture au plan transversal du cylindre, à un moteur diesel à chambre unitaire de combustion, ayant à la base la durée de vaporisation du combustible du jet. On définie deux notions distinctes pour le rapport de turbillon du fluide — moteur. On montre que l'optimisation du processuss de mélange conduit à un randament maximum maximorum, que la projection et la recherche doit l'atteindre.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 9, 7 fig., 3 réf. bibl.

CD : 662.61

Apostolescu, N., Zătreanu, Gh., Negurescu, N., Nedelcu, D., Chiriac, R. : **Etude de la vitesse de déflagration de la flamme laminaire, dans des combustibles gazeux**

On a developpé une technique experimentale et la methode correspondante de calculer, à partir des dates obtinues, la vitesse de la flamme laminaire pour des combustibles gazeux. Cettte méthodique a été vérifié pour des différents mélanges méthane-hidrogene ; ele pourra être utilisée aussi pour des combustibles liquides.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 9, 11 fig.

CD : 621.431.73

Chirilă, C., Mitrache, M., Ivan, F., Grünwald, B. : **Recherches concernant les performances d'une chambre de combustion dérivée de la nouvelle chambre de combustion du moteur pour la voiture Dacia**

On présent les resultats obtenus de la recherche théorique et expérimentale sur une chambre de combustion incorporée dans la piston, destinée à un moteur à allumage par etincelle au litrage moyen. L'étude met en évidence le fait que une chambre de combustion en piston, nécentrée, au mouvement radiale intensifié, fonctionne plus efficient aux charges et tours réduites. Une décision en vue de l'adoptation doit être corrélée avec la destination du moteur, c'est à dire elle doit être corrélée avec la frequence des régimes de charge du moteur en exploitation.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 9, 10 fig., 2 tab., 2 réf. bibl.

CD : 621.7-755

Taraza, D. : **Une théorie unitaire de l'équilibrage des moteurs avec les cylindres disposés en „V"**

L'ouvrage s'occupe de l'équilibrage des moteurs en V équipes avec des mécanismes bielle-manivelle normales et axés. La théorie élaborée est générale, les relations de calcul pouvant être particularisées tant pour les moteurs en V proprement-dits, dans lequel le nombre des manivelles du vilebrequin est égal avec la moitié du nombre des cylindres, de même que pour les moteurs en V à cylindres intercalés, ayant le nombre des maniveles égal avec le nombre des cylindres.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 9, 5 fig., 3 réf. bibl.

CD : 621.431

Sfinţeanu, D., Apostolescu, N., Grünwald, B., Negurescu, N., Bogdan, L., Nedelcu, D., Chiriac, R : **Recherches préliminaires concernant l'adaption d'un moteur à allumage commandé fonctionant avec mélange essence — hidrogène**

On présente les resultats obtenus au stand d'essai à la suite des recherches effectuées sur un moteur à allumage commandé, allimenté avec mélange essence-hydrogène. On y met en evidence les performances du moteur concernant l'économie du combustible conventionnel, le rendement thermodynamique et le niveau de polution.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 9, 8 fig.

CD : 621.91.06 : 62-52

Vărzaru, D., Vasilu, A. : **Méthode numérique pour l'établissemnent des régimes de cisélage des matériaux spécifiques pour la fabrication des moteurs thermiques, a l'usinage avec les machines-outils à commande numérique**

L'ouvrage s'occupe avec le probléme de l'établissement des régimes de cisélage des matériaux spécifiques pour la fabrication des moteurs thérmiques, pour l'usinage sur des machines outils à commande numérique. On propose une méthode pour déterminer les régimes de cisélage, qui comprend deux étapes : tout d'abord on fait la détermination de cisélage du matériel d'étude et ensuit on introduit les données expérimentales dans un programme de calcul dont les résultats sont les régimes de cisélage réels, pour la machine-outil à commande numérique. A la fin de l'ouvrage il y a un tableau avec les résultats obtenus au cours des recherches effectuées dans notre Institut sur quelques matériaux.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 9, 4 fig., 1 tab.

INHALTSVERZEICHNIS

DK : 621.436 : 621.694

Teodorescu, L., Dincă, M., Băloiu, S., Glăja, N.: **Anwendung der Hochdruck — Einspritzausrüstung für Dieselmotoren für Schwerzug**

Vorliegender Bericht hat als Ziel den Aufbau eines Hochdruck Einspritzsystems und Beendung auf experimentellen Weg des Einflusses den die Verbesserung der Auffüllung in bezug zur Verminderung der Kreisbewegungskraft der Motorflüssigkeit hat. Es werden die gesamten Mesknale unter Bedingung des Übereinstimmens der Geometrie des Strahls des Kraftstoffes mit den gasodynamischen Merkmalen des Zylinderkopfes, verfolgt. Das Vergleichstudium der originellen energetischen Lösung bezogen auf die Bezugslósung die von der klassischen Einspritzausrüstung erstellt wird, wurde durch studenweise Einführung dieser auf denselben Einzylindermotor, wobei dieselben Arbeitsregime durchgefahren werden.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 9, 6 Bild.

DK : 662.61 : 621.436

Grünwald, B.: **Bedeutung einer empirischen Bedingung zur Optimisierung der Drehbewegung der Gase im Zylinder eines Dieselmotors, mit Anwendung bei nichtconventioneller, Kraftstoffen**

Es wird gezeigt, dass die traditionelle Auffassung bezüglich der Bildung der Mischung bei Dieselmotoren mit einheitlicher Brennkammer mit kreisförmiger Bewegung der Motorflüssigkeit, auf grund der Dauer der Einspritzung festgelegt, begtenzt ist, begöenzt ist, eine empirische Bedeutung hat und genügende Information für die Projektierung gibt, wenn Kraftstoffe verwendet werden, die verschiedene Verdampfungs eigen schaffen aufweisen. Es wird ein neues Konzept zum Aufbau des Gemisches bei Verwendung einer einheithchen oder teilweisen Klasse von unkonventionellen Kraftstoffen : Erdgas und Alkohole. Es wird gezeigt, dass die konstruktiven Änderungen, die nötig sind, um die Drehbewegung zu optimisieren, und die angegebene Leistung, entgegengesetzt sind jenen die vom traditionellen Konzept für die zwei Kraftstoffklassen gegeben werden.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 9, 4 Bild., 1 Tab., 7 Lit.

DK : 662.61 : 621.436

Grünwald, B.: **Über das Konzept der Makromixtur bei Dieselmotoren mit einheitlicher Kammer, mit kreisförmiger Bewegung der Motor — flüssigkeit**

Es wird ein neues Konzept über Makromixtur in Querplan des Zylinders entwickelt, bei einem Dieselmotor mit einheitlicher Brennkammer, aufgrung der Verdampfungsdauer des Brennstoffes des Strahls. Es werden zwei verschiedene Benennungen definiert für das Drall-verhältnis und die Bedingungen zur Optimisierung der Drallbewegung der Motor flüssigkeit festgelegt. Es wird geseigt, das die Optimisierung des Mischvorgange zu einer maximalen Leistung führt die von der Projektierung und Forschung erzielt werden müssen.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 9, 7 Bild., 3 Lit.

DK : 662.61

Apostolescu, N., Zătreanu, Gh., Negurescu, N., Nedelcu, D., Chiriac, R.: **Untersuchung über die Flammenausbreitungsgeschwindigkeit in gassförmigen Brennstoffen**

In der Arbeit werden die Experimentaltechnik und die Datenverarbeitungsmethodolgie bei der Untersuchung der Flammenausbreitungsgeschwindigkeit in gassförmingen Brennstoffen dargestellt. Die wurden für verschiedene Methan-Wasserstoff-Gemische geprüft und werden noch für flüssige Brennstoffe verbreitet.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 9, 11 Bild.

DK : 621.431.73

Chirilă, C,, Mitrache, M., Ivan, F., Grünwald, B.: **Forschungen über die Höchstleistungen einer aus der neuen Brennkammer des DACIA — PKW MOTORS stammenden Brennkammer**

Es werden die Erfolge der theoretischen und experimentellen Forschungen unterbreitet, bei einer Kolbeneingebauten Brennkammer, die für einen Zündmotor mittleren Verbrauch bestimmt ist. Die Forschungen bringt die Tatsache hervor, da eine unzentrierte, mit verstärkter Radialbewegung Kolbeneingebaute Brennkammer, wirksammer bei kleineren Lasten und Umdrehungen läuft. Eine Entscheidung dafür soll die Bestimmung des Motors in Ansicht haben, d.h. diese soll die Frequenz des Betriebszustandes des Motors berücksichtigen.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 9, 10 Bild., 2 Taf., 2 Lit.

DK : 621.7-755

Taraza, D.: **Eine einheitliche Theorie der Massenausgleich bei „V" Verbrenungsmotoren**

Die Arbeit beschäftigt sich mit den Massenausgleich bei „V" — Motoren mit normalen Kurbeltriebe. Die theoretische Behandlung hat eine algemeine Umfassung. Die hergeleitete Gleichungen sind gültig entweder bei normal V — Motoren, deren Kurbelwellen so viele Kröpfungen haben wie viele Zylinder der Motor hat, oder bei V — Motoren mit verschobenen Zylinder deren Kurbelwellen halb so viele Kröpfungen haben als der Zylinderzahl des Motors.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 9, 5 Bild., 3 Lit.

DK : 621.431

Sfinţeanu, D., Apostolescu, N., Grünwald, B., Negurescu, N., Bogdan, L., Nedelcu, D., Chiriac, R.: **Einleitende Vorschungsergebnisse über die Annpassung eines Ottomotors auf den Betrieb mit Benzin — Wasserstoff Gemisch**

In der vorliegenden Arbeit werden Prüfstandsergebnisse vorgestellt über Benzinersparniss, thermodinamischen Wirkungsgrad und Umweltschutz beim Betrieb eines Otto Motors mit Benzin-Wasserstoff Gemisch.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 9, 8 Bild.

DK : 621.91.06 : 62-52

Vărzaru, D., Vasiliu, A.: **Nummerische Methode zur Anssuchung der Bearbeitungsregime fuer spezifische Werkstoffe zur Herstellung von thermischen Motoren bei mechanischer Bearbeitung auf Werkmaschinen mit nummerischer Steuerung**

Vorliegender Bericht behandelt das Problem der Festlegung der Fräsregime für spezifische Werkstoffe die zur Herstellung von thermischen Motoren dienen, bei mechanischer Bearbeitung bei Werkzeugmaschinen mit nummerischer Steuerung. Es wir eine Bestimmungsmethode der Fräsregime vergeschlagen, die aus zwei Phasen zusammengesetzt ist : im ersten Teil werden Bestimmungen zum Fräsen auf dem zum Studium gedachten Material durchgeführt; im zweiten Teil werden die erhaltenen Ergebnisse in ein Rechenprogamm eingeführt, die aus den reelen Fräsregimen erhalten wurden, die mit Hilfe der Werkzeugmaschinen mit numerischer Steuerung durchgefürt wurden. Am Ende des Berichts wird eine Tafel mit den erhaltenen Ergebnissen angegeben, die mit einigen Werkstoffen in unserem Institut erhalten wurden.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 9, 4 Bild., 1 Tab.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК : 621.436 : 621.694

Теодореска, Л., Динкэ, М., Бэлою, С., Глэжа, Н.: *Использование топливной аппаратуры впрыска высокого давления для дизельных двигателей предназначеных тяжелому тягу*

Предмет настоящей работы — это создание топливной аппаратуры впрыска высокого давления и опытное определение зависимости между улучшением наполнения и снижения интенсивности ротационного движения рабочей жидкости. Приследуются глобальные достижения в условиях кореляции геометрии топливной струи с газодинамическими характеристиками головок цилиндров. Сравнительное исследование оригинального энергетического решения и эталонного решения представленого классической топливной аппаратурой осуществлен последовательным внедрением в той же одноцилиндровый двигатель и проходяя те же самые режимы работы.

Constructia de maşini, 40 (1988).
н. 9, 6 рис.

ДК : 662.61 : 621.436

Грюнвальд, Б.: *Значение некоторого эмпирического условия оптимизации ротационного движеня газов в цилиндре дизельного двигателя с применением к неконвенционным топливом*

Показывается что традиционный концепт касающийся образованию смеси в дизельных двигателях с неразделеной камерой, с ротационным движением рабочей жидкости, установлен на основе длительности впрыска — ограничен, имеет эмпиричное значение и не даёт удовлетворительных информаций для проэктирования, в случаях использования топлив с различными характеристиками испарения. Внедрен новый концепт смесеобразования при использовании, частично или итого, двух классов неконвенционый топлив: естественых газов и спиртов. Показывается что требуемые конструкционные изменения для оптимизации ротационного движения и индикаторного кпд противоположны тем, указанных традиционным концептом для вышеуказаных двух классов топлив.

Constructia de maşini, 40 (1988),
н. 9, 4 рис., 1 таб., 7 лит.

ДК: 662.61 : 621.436

Грюнвальд, Б.: *О концепте макросмеси в дизельных двигателях с неразделеной камерой с ротационным движением рабочей жидкости*

Развивается новый концепт о макросмеси в поперечной плоскости цилиндра дизельного двигателя с неразделеной камерой сгорания основан на длительности испарения топлива в струе. Определяются две различные понятия для отношения вихрености и устанавливаются условия оптимизирования двихревого движения рабочей жидкости. Показывается, что оптимизация процесса смешивания ведет к найвышему кпд, которого проектирование и исследование должны достигнуть.

Constructia de maşini, 40 (1988),
н. 9, 7 рис., 3 лит.

ДК : 662.61

Апостолеску, Н., Зэтреану, Г., Негуреску, Н., Неделку, Д., Кириак, Р.: *Исследование скорости распространения ламинарной пламени газовых топлив*

В работе описывается экспериментальная техника и методика обработки данных которая была развита для изучения скорости распространения ламинарной пламени газовых топлив. Они были проверенной для различных смесей метан-водород, но могут быть распространенны в будущем и для жидких топлив.

Constructia de maşini, 40 (1988),
н. 9, 11 рис.

ДК : 621.431.73

Кирилэ, К., Митраке, М., Иван, Ф., Грюнвальд, Б.: *Исследования по совершению каммеры сгорания исходящей из каммеры сгорания двигателя для лёгкокого автомобиля Дачия*

Показывается результаты получавшие по теоретическому и экспериментальному исследованию камеры сгорания встроенной в поршень, предназначенной двигателя искрового зажигания среднего литража.

Исследование отмечает тот факт, что каммера сгорания в поршень нецентрируемая, с быстрым радиальным движением работает эфициентно на маленьких нагрузках и оборотах. Дециэия, касаещаясь принимание должно быт в соотношении с чаностью на грузочных режимов двигателя в эксплуатаций.

Constructia de maşini, 40 (1988),
н. 9, 10 рис., 2 таб., 2 лит.

ДК : 621.7—755

Тараза, Д.: *Унитарная теория уравновешивания двигателей с «V» — образным расположением цилиндров*

В данной работе разработано уровновешивание V образных двигателей оборудованных нормальными и аксиальными кривошипно-шатунымми механизмами. Разработана общая теория, а расчетные формулы применимы так для V — образных обычных двигателей, у которых число кривошипов коленчатого вала равно половине число цилиндров, как и для V — образных обычных двигателей, у которых число кривошипов коленчатого вала равно половине числа цилиндров, как и для V — образных двигателей с переменным чередованием цилиндров, имеющих число кривошипов равно числу цилиндров.

Constructia de maşini, 40 (1988),
н. 9, 5 рис., 3 лит.

ДК : 621.431

Сфинцеану, Д., Апостолеску, Н., Грюнвалд, Б., Негуреску, Н., Богдан, Л., Неделку, Д., Кириак, Р.: *Предварительные исследования по приспособлении одного двигателя с искровых зажиганием к работе с смесый бензин-водород*

Работа представляет экспериментальные результаты на стенде, с одном двигателем с искровых запсиганием. Питание двичателя было осуществлена с смесый бензин-водород. Анализируются результаты с тогким зрением экономии бензиного топлива, термодинамического к.п.д. и выпуска загрязных составляющих из выплотных газов двигателя.

Constructia de maşini, 40 (1988),
н. 9, 8 рис.

ДК : 621.91.06 : 62—52

Вэрзару, Д., Василиу, А.: *Числовой метод выбора режимов обработки резанием материалов используемых в производстве термических двигателей, в процесе механообработки на станках с Ч. П. У.*

Работа освещает вопрос установления режимов обработки резанием материалов специфических для производства термических двигателей, в процессе механообработки на станках с Ч.П.У. Предлагается метод определения режимов резания, состоящий из двух этапов:

— на первом, производится опытные определения режима резания на исследуемам материале;

— на втором, экспериментальные данные вводятся в программе счётной машине, которая представит реальной режим обработки резанием на станках с Ч.П.У.

В конце работы приводится таблица результатов, плученных на некаторых материалах, исследованных в нашем институте.

Constructia de maşini, 40 (1988),
н. 9, 4 рис., 1 таб.

CZ : 621.438

Pimsner, V., Negulescu, D. : **O metodă de calcul al curgerii spațiale din treapta turbinei**

Calculul curgerii spațiale a fluidului prin treapta reală a turbinei cu gaze este foarte complex și abordabil numai prin metode numerice, necesitînd capacități și viteze mari de calcul. S-au elaborat o serie de metode de calcul operativ, care, bazate pe ipoteze simplificatorii ale curgerii tridimensionale, conduc la rezultate foarte apropiate de cele reale. Lucrarea prezintă o metodă de calcul al curgerii tridimensionale bazată pe cuplarea celor două soluții bidimensionale ale curgerii din interiorul rețelelor treptei și anume : curgerea axial-simetrică din planul meridian și curgerea pe suprafețele de curent axialsimetrice, transversale în rețea, de la extradosul unei palete la interiorul paletei învecinate.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 9, 7 fig., 14 ref. bibl.

CZ : 534 : 621.431 : 621.436 : 621.165 : 621.438 : 621-135

Grosu, Fl. : **Considerații privind aprecierea vibrațiilor mecanice ale mașinilor principale și auxiliare navale**

Lucrarea tratează modul de evaluare a vibrațiilor mecanice ale motoarelor cu combustie internă, turbinelor cu abur și cu gaze, reductoarelor, compresoarelor, pompelor, ventilatoarelor, separatoarelor de combustibil și ulei, vinciurilor și cabestanelor, generatoarelor și motoarelor electrice, transformatoarelor electrice etc., de la bordul navelor. După expunerea criteriilor de severitate, cu aplicabilitate în domeniul naval, se prezintă două exemple de măsurări la producători și anume pentru un dieselgenerator și o turbopompă.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 9, 11 fig., 17 ref. bibl.

CZ : 621.431.73

Abăitancei, D., Radu, Gh., Chiru, A., Cofaru, C., Preda, I., Abăitancei, Maria : **Eficiența răcirii intermediare a aerului de admisie la un MAC de mare putere pentru autovehicule**

După ce se evidențiază importanța răcirii intermediare asupra performanțelor motoarelor cu aprindere prin compresie supraalimentate în lucrare se face o amplă analiză a parametrilor, prin care se prezintă organizarea sistemelor de răcire intermediară în cele două variante constructive aer-aer și apă-aer.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 9, 10 fig., 3 ref. bibl.

CZ : 662.76 : 621.694

Jianu, C., Moisescu, V., Trandaf, M., Ciobanu, B. : **Experimentarea sistemului de injecție destinat generatorului de gaz inert de 1000 Nm³/h. Probleme și rezolvări**

Se prezintă unele din principalele probleme soluționate prin cercetările experimentale efectuate asupra sistemului de injecție model funcțional destinat generatorului de gaz inert de 1000 Nm³/h. Se fac referiri la stabilitatea flăcării și calitatea arderii. Rezultatele experimentale sînt prezentate sub forma grafică într-o caracteristică complexă care corelează parametrii gazelor de ardere (debit, presiune, conținut de oxigen) cu parametrii combustibilului (debit consumat și presiune reglată).

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 9, 8 fig., 2 tab., 3 ref. bibl.

CZ : 621.436

Sidon, S., Pleter, O. : **Sistem de achiziție a datelor în anemometria laser aplicată la măsurarea turbulenței încărcării unui motor cu piston antrenat**

Una din problemele dificile care apar atunci cînd se măsoară turbulența fluidului motor cu ajutorul anemometriei laser este aceea a posibilității achiziției de date furnizate de către anemometru. În acest caz se impune utilizarea calculatorului numeric cuplat printr-o interfață corespunzătoare cu acesta. Sînt prezentate un sistem de achiziție de date în timp real conceput a lucra pentru cazul unui motor cu piston antrenat, în care se măsoară turbulența încărcăturii la finele compresiei, precum și unele rezultate ale măsurărilor.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 9, 9 fig., 1 tab., 6 ref. bibl.

DC : 621.438

Pimsner, V., Negulescu, D. : **A calculation method of the fluid spatial flow through the gas turbine axial stage**

The calculation of the fluid spatial flow through the gas turbine stage is very complex and can be approached only by numerical methods which request great capacities and speeds of computation. A series of operative calculation methods have been developed which, based upon the simplifying hypothesses of the tridimensional flow, lead to results which are very close to the real ones. The paper presents a tridimensional flow calculation method which is based upon the combination between two bidimensional solutions for the stage network inner flow, i.e., the axial symmetrical flow surfaces which are transversal in the network, from the suction side of a blade to the pressure side of the next one.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 9, 7 Figs., 14 Paps.

DC : 534 : 621.431 : 621.436 : 621.165 : 621.438 : 621-135

Grosu, Fl. : **Considerations regarding the estimation of the vibration of the main and auxiliary ship-engines**

The work treats the mode of evaluation of the vibrations of the internal-combustion engines, steam and gas turbines, gear boxes, compressors, pumps, fans, fuel and oil separators, winches and capstans, electric generators and motors, electric transformers, etc. abord ships. After the severity criteria are presented, which apply in the naval field, two examples are given for measurements on a diesel generator and a turbopump at the manufacturer's works.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 9, 11 Figs., 17 Paps.

DC : 621.431.73

Abăităncei, D., Radu, Gh., Chiru, A., Cofaru, C., Preda, I., Abăitancei, Maria : **Efficiency of Inlet Air Intercooling in a High Capacity Compression Ignition Engine intended for Commercial Vehicles**

After stressing the importance of intercooling for the preformance of supercharged compression ignition engines the paper undertakes a through analysis of the parameters to be used for evaluating beat exchanger efficiency. In the second part of the paper the layont of the intercooling systems in their two design versions (air/air and water/air) is presented.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 9, 10 Figs., 3 Paps.

DC : 662.76 : 621.694

Jianu, C., Moisescu, V., Trandaf, M., Ciobanu, B.: **Testing of the Injection System for the 1000 Nm /h Inert Gas Generator. Problems and Solutions**

The paper presents some main problems solved by research and testing of the injection system (functional model) for the 1000 Nm^3/h inert gaz generator. Several data are mentioned, referring to flame stability and combustion quality. Test results are graphically presented, into a complex characteristic which correlates the combustion gases parameters (comsumption rate and regulated pressure).

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 9, 8 Figs., 2 Tabs., 3 Paps.

DC : 621.436

Sidon, S., Pleter, O.: **A System for Data Acquisition in Laser Anemometry with Application to the Measurement of the Turbulent Flow in a Motored Piston Engine Cylinder**

In regard to the problems related to the measurement of the turbulent flow in a piston engine cylinder using a laser anemometer, the acquisition of the signals supplied from the anemometer represent a distinct issue. The practical way of solving this probleme is the use of a digital computer connected through a properly designed interface with the anemometer. In this paper a real — time data acquisition system is presented with respect to the turbulence characteristics of the flow in a motored piston engine during the compression stroke. Several experimental results obtained by the authors are also listed.

Construcţia de mţşini, 40 (1988), Nr. 9, 9 Figs., 1 Tab., 6 Paps.

CD : 621.438

Pimsner, V., Negulescu, D.: **Une méthode de calcul de l'écoulement spatial dans l'étage de la turbine axial**

Le calcul de l'écoulement spatial du fluide par le premier étage réel de la turbine au gas est très complexe et abordable seulement par des méthodes numériques, qui demandent des grandes capacités et vitésses de calcul. On a développé une série de méthodes de calcul opératif ayant à la base des hypothèses qui simplifient l'écoulement tridimensionnel et conduisent à des résultats très proches à la réalité. Cette étude présente une méthode de calcul de l'écoulement tridimensionnel basé sur la combinaison des solutions bidimensionnelles de l'écoulement à l'intérieur du réseau du premier étage, c'est à dire : l'écoulement axial symétrique du plan méridien et l'écoulement sur les surfaces du courrant axial symétrique, transversales dans le réseau, partir de l'extérieur d'une pallete jusqu'à l'intérieur de la palette suivante.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 9, 7 fig., 14 réf. bibl.

CD : 534 : 621.431 : 621.436 : 621.165 : 621.438 : 621-135

Grosu, Fl.: **Considérations sur l'évaluation des vibrations aux machines navales de propulsion et auxiliaires**

Ce travail traite la manière d'évaluer les vibrations des moteurs à combustion interne, des turbines à vapeur et à gas, des réducteurs, des compresseurs, des pompes, des ventilateurs, des séparateurs de combustible et d'huile, des treuils et des cabestans, des générateurs et moteurs électriques, des transformateurs électriques etc., au bord des navires. Après l'exposition des critères de sévérité qui s'appliquent dans le domaine navale, on présente deux exemples de mesurage chez les fabricants pour un dieselgénérateur et une turbopompe.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 9, 11 fig., 17 réf. bibl.

CD : 621.431.73

Abăitancei, D., Radu, Gh., Chiru, A., Cofaru, C., Preda, I., Abăitancei, Maria: **Efficience du refroidissement de l'air d'admission d'un moteur à allumage par compression de grand puissance pour les véhicules automobiles**

En mettant en relief l'influence du refroidissement intermédiaire sur les performances des moteurs à allumage par compression suralimentés, le travail s'applique à une ample analyse des paramètres, par laquelle on peut apprécier l'efficience des échangeurs de chaleur. La seconde partie du travail présente l'organisation des systèmes de refroidissement intermédiaire dans les deux variantes constructives air-air et eau-air.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 9, 10 fig., 3 réf. bibl.

CD : 662.76 : 621.694

Jianu, C., Moisescu, V., Trandaf, M., Ciobanu, B.: **L'expérimentation du systéme d'injection pour la générateur de gaz inerte de 1000 Nm^3/h — problémes et solutions**

On y présente quelqueuns des principaux problèmes auxquels on a trouvé une solution par les recherches experimentales effectuées sur le système d'injection modéle functionel pour les gaz inerte de 1000 Nm_3/h. On y présente aussi plusieurs dates concernant la stabilité de la flamme et la qualité de la combustion. Les résultats expérimentales sont presentés sous forme de diagrames dans une caracteristique complexe qui réalisent une corrélation des paramètres des gaz de combustion (débit, pression, contenu d'oxygen) avec ceux du combustible (débit et pression reglée).

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 9, 8 fig., 2 tab., 3 réf. bibl.

CD : 621.436

Sidon, S., Pleter, O.: **Système d'acquisition des dates dans l'anémométrie laser appliqée a la messure de la turbulence de la charge d'un moteur a piston entraîné**

Un des problemes les plus difficiles posés dans la mesure des grandeurs caracteristique de la turbulence du fluide moteur a l'aide de l'anémométrie laser est cel des possibilités d'acquisition des dates fournis par l'anémometre. Par consequent il s'impose l'utilisation du calculateur couplé par une interface correspondante. On y présente un systeme d'acquisition des dates dans le temps réel, conçu pour travailler dans le cas d'un moteur à piston entraîné ou on fait la mesure de la turbulence de la charge pendant la compression et aussi certains resultats obtenus

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 9, 9 fig., 1 tab., 6 réf. bibl.

DK : 621.438

Pimsner, V., Negulescu, D.: **Zur Berechnung der räumlichen Strömung der Axialturbinenstufe**

Die Berechnung der räumlichen Strömung-durch die gasbeauschlagte Turbinenstufe ist ausserordentlich aufwendig und nur durch numerische Rechenmethoden möglich, die grosse Rechen geschwindigkeiten und Speicherkapazitäten benötigen. Es wurden praktische Rechenmethoden entwicket, die den reelen Strömungszustand mit zufriedenstallender Genauigkeit wiedergeben, obwohl sie auf vereinfachte Hypothesen der drei-dimensionalen Strömung beruhren. Die Arbeit entwickelt eine Rechenmethode der drei-dimensionalen Strömung, durch die Überlagerung der zwei bidimensionalen Lösungen des Gitterströmungsfeldes, nämlich der axialsymetrischen Strömung in der Meridianebene und der Strömung auf den axialsymetrisch angenomene Strömungsflächen der Schaufelebene, von der Saugseite einer Schaufel zu der Druckseite der benachbarten Schaufel.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 9, 7 Bild., 14 Lit.

DK : 534 : 621.431 : 621.436 : 621.165 : 621.438 : 621-135

Grosu, Fl. : **Berücksichtigungen über die Einschätzung der Schwingungen der Haupt — und Hilfsschiffsmaschinen**

Die Arbeit handelt von der Einschätzungsart der Schwingungen der Verbrennungsmotoren. Dampf — und Gasturbinen, Getribe, Verdichter, Pumpen, Lüfter, Brennstoff — und Schmierölseparatoren, Winden und Spillwinden, elektrischen Generatoren und Motoren, elektrischen Transformatoren usw., an Bord der Schiffe. Nach der Darlegung der in dem Schiffsbereich anwendbaren Strengkriterien, stellt man zwei Beispiele von Messungen in den Herstellerwerken und zwar für ein Dieselgenerator und eine Turbopumpe dar.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 9, 11 Bild., 17 Lit.

DK : 621.431.73

Abăităncei, D., Radu, Gh., Chiru, A., Cofaru, C., Preda, I., Abăităncei, Maria : **Wirksamkeit Zwischenkuhlung der Einlassluft an einem Leistungsfähigen Kompressionszündungsmotor für Kraftfahrzeuge**

Nachdem die Bedeutung der Zwischenkühlung für die Leistungsfähigkeit der aufgeladenen Kompressionszündungsmotoren hervorgehoben wird, nacht die Arbeit eine weitgehende Analyse der Parameter, mit denen die Wirksamkeit der Wärmetauscher eingeschälzt werden hann. Im zwiten Teil der Arbeit wird die Organisierung der Zwischenkühlungs systeme in dem zwei Bauvarianten Luft-Luft und Waser — Luft dargestellt.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 9, 10 Bild., 3 Lit.

DK : 662.76 : 621.694

Jianu, C., Moisescu, V., Trandaf, M., Ciobanu, B. : **Die Prüfung — einspritzungsystem für 1000 Nm_3/St Inert — Gas — Generator. Fragen und Lösungen**

Man darstellt einigen gelösten Grundproblemen durch der geführten Experimental — prüfungen als Sondermodell, zudem 1000 Nm^3/St Inert — Gas — Generator. Man bezichtsich zur Flammen — Stabilytät und Verbrennungs-Qualität. Die Experimental-Ergebnisse sind unter Graphisch Darstellung in einen veilfachen Kennlinie dargestellt, die Verbrennungs Gas. parametern Z.B. (Menge, Druck, Sauerstoffteile) mit der Kraftstoffparameter Z.B. (Versorgungsmenge und geregelter Druk) anordnen.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 9, 3 Bild., 2 Tab., 3 Lit.

DK : 621.436

Sidon, S., Pleter, O. : **Das Datenbesorgungssystem der Laser — Anemometrie der Turbulenz der Frischladung eines angetriebenen Kolbenmotors**

Eines der bessonderen Probleme der Untersuchung der turbulenten Ladungsbewegungen mithilfe der Laser-Anemometrie, ist dass der Besorgungsmöglichkeiten der von dem Anemometer kommenden Daten. Dafür ist die Verwendung des, durch eine geeignete Schnittstelle mit dem Anemometer verbundenen Computers erforderlich. Die Arbeit beschreibt ein in reeler zeit operierendes Datenbesorgungssystem, welches entworfen wurde um die Turbulenz der Frischladung wehrend des Kompressionshubes eines angetriebenen Kolbenmotors zu messen, und gibt einige Messergebnisse.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 9, 9 Bild., 1 Tab., 6 Lit.

ДК : 621.438

Пимснер, В., Негулеску, Д.: *Метод расчета трехмерного течения по ступени аксиального турбиней*

Расчет терехмерного течения газов по степени газовой турбины — очень сложный. Это может осуждаться только с помощю численными методами, которые потребовают крупные способности и большие скорости расчета. Было разработаны несколько методов оперативного вычисления, которые поставляют результаты близкие реальными, основаны на упращенные гипотезы о трехмерном течением. В статье приводиться метод расчета трехмерного течения газов в основу которого поднимается соединение аксиально-симметрического двухмерного течения на меридианная плоскость внутри ступени решеток и разрешений поперечного течения на аксиально-симетрические поверхности от спинки лопатки до вогнутого поверхности соседнего лопатки.

Construcția de mașini, 40 (1988).
н. 9, 7 рис., 14 лит.

ДК : 534 : 621.431 : 621.436: 621.165: 621.438 : 621—135

Гросу, Ф : *Соображения по оценке механических вибраций главных и вспомогательных судовых машин*

В работе обсуждается вопрос об оценке механических вибраций двигателей внутреннего сгорания, паровых и газовых турбин, редукторов, компрессоров, насосов, вентиляторов, топливных и маслянных сепараторов, лебедок и шпилей, генераторов и электродвигателей, электрических трансформаторов и т.д., находящихся на борту судна. Излагаются критерия строгости с применением в области судостроения и производятся два примера измерений изготовителями, а именно для дизельгенератора и для турбонасоса.

Construcția de mașini, 40 (1988),
н. 9, 11 рис., 17 лит.

ДК : 621.431.73

Абэитэнчей, Д., Раду, Г., Киру, А., Кофару, К., Преда, И., Абэитэнчей, Мария : *Эффективность промежуточного охлаждения впускного воздуха для дизеля большой мощности предназначен для грузовых автомобилей*

После того как подчёркивается значение промежуточного охлаждения для показателей дизелей с наддувом, в работе приведен широкий анализ показателей с помощью которых можно оценивать эффективность теплообменников. Во вторую часть работы приведены способы организовать промежуточное охлаждение во двух вариантах : воздух-воздух и вода-воздух.

Construcția de mașini, 40 (1988).
н. 9, 10 рис., 3 лит.

ДК : 662.76 : 621.694

Жиану, К., Моисеску, В., Трандаф, М., Чобану, Б.: *Испытание впрыскивающего система, предназначенного для инертного газа в 1000 м³/час. Вопросы и решения*

Представляется некоторые из главных проблем, которые были решены по экспериментальным исследованиям, проведены над впрыскивающим системом (функциональная модель: предназначен инертного газа 1000 м³/час. Имеется в виду стабильность факля и качества горения.

Результаты испытаний представлены графиком зависимости газов (дебит, давление, содержание кислорода) с параметрами горючего (расход и регулированное давление).

Construcția de mașini, 40 (1988),
н. 9., 8 рис., 2 таб., 3 лит.

ДК : 621.436

Сидон, С., Плетер., О.: *Система получения дат с лазерном анемометром примененна к измерению турбуленции груза увлеченного поршневого двигателя*

В рамках проблематики связанна измерением турбулентных движенней двигательного груза с помочу лазерного анемометра, существует специальный вопрос возможности получения дат поставленными анемометром. По этому необходимо употреблить ЭВМ, соединенна соответственно с анемометром.

В статье представляется одна система получения дат во реальные время котороя работает для случая увлеченного поршневого двигателя, внутри которого измеряться турбуленция груза во время сжимания и нескольких полученные результатов.

Construcția de mașini, 40 (1983),
н. 9, 9 рис., 1 таб., 6 лит.

ATTENTION !

Foreign readers can subscribe through ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex : 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ACHTUNG !

Ausländische Leser können sich abonnieren durch ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex : 10376 prsfir, București. Calea Griviței nr. 64—66.

ATTENTION !

Les lecteurs étrangérs de la revue pourront prendre des abonaments par ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex : 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ВНИМАНИЕ !

Читатели иностранных стран могут абонироваться при ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex : 10376 prefir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

Revista „CONSTRUCȚIA DE MAȘINI", organ al Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini din Republica Socialistă România. Redacția la : Oficiul de informare documentară pentru industria construcțiilor de mașini, cu sediul în București, Calea Victoriei, 133, sector I, telefon 50.31.30 ; sau 59.71.35. Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament ICTCM, 30.16.7.01.01 B.N.—R.S.R., filiala sector IV sau prin mandat poștal la ICTCM, șos. Olteniței, nr. 105, București, sector 4, pentru revista „Construcția de mașini". **Tarif : 150 lei anual. Costul unui exemplar : 12,50 lei** Index D.E.P. 41023

Tiparul : Tipografia „Ploiești" str. Transilvaniei, nr. 29.

CZ : 621.436 : 621.694

Utilizarea echipamentelor de injecție de înaltă presiune pentru motoarele diesel destinate tracțiunii grele

Dr. ing. Lucian **TEODORESCU**, ing. Milan **DINCĂ**,
ing. Sergiu **BĂLOIU**, ing. Nicolae **GLAJA** — I.N.M.T. București

Introducere

O analiză asupra tendințelor actuale, privind construcția echipamentelor de injecție pentru motoarele diesel destinate tracțiunii grele, arată o creștere apreciabilă a presiunii de injecție, care poate avea consecințe favorabile asupra reducerii consumului de combustibil și a emisiilor poluante.

Sistemul de injecție al motorului de alezaj ∅ 165 actual cuprinde o pompă ZW cu piston sertar (∅ 16 mm), un injector cu orificii (5 x 0,53 mm) și o conductă de înaltă presiune ∅ 3 x 6. Experimentările acestui echipament au stabilit principalii parametri ai procesului de injecție : presiuni maxime în conductă 600—700 kgf/cm^2, durata injecției 13 — 15° RAP, absența postinjecțiilor pînă la debite de 400 — 420 mm^3/ciclu. Presiunile de contact rolă-camă nu depășesc 20 · 10^3 kgf/cm^2.

Acești parametri satisfac necesitățile procesului de ardere în motorul cu cameră unitară, la o putere maximă de 125 CP/cilindru. De asemenea, durabilitatea echipamentului de injecție s-a dovedit satisfăcătoare.

În prezent se pune problema măririi puterii dezvoltate în fiecare cilindru și reducerii consumului specific de combustibil. Ambele deziderate solicită creșterea presiunii de supraalimentare. De asemenea, apare utilă lărgirea diametrului camerei de ardere din piston. Această măsură avantajează economicitatea, deoarece reduce pierderile energetice necesare turbionării aerului la admisie și la deplasarea din cilindru în cameră.

Pentru a satisface noile condiții, echipamentul trebuie să debiteze o cantitate de combustibil de 450 — 500 mm^3/ciclu, la presiuni de peste 1000 kgf/cm^2. Soluția uzuală de creștere a vitezei plonjorului în cursa utilă apare dificil de aplicat, datorită accentuării tendinței sistemului către postinjecții. Din această cauză a fost preluată varianta pompă — injector.

Pompa-injector, soluție constructivă și funcțională

În figura 1 este prezentată soluția propusă și realizată în cadrul I.N.M.T. pentru acest tip de echipament. Construcția sa se bazează pe eliminarea conductei de înaltă presiune și înglobarea tuturor elementelor într-un corp comun.

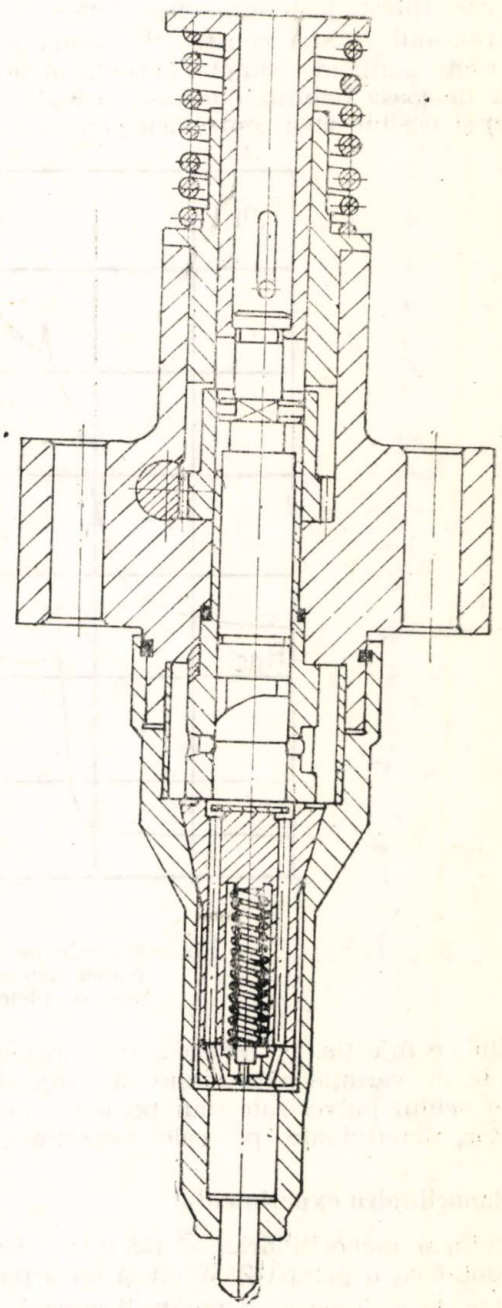


Fig. 1 Pompa — injector

Combustibilul care vine de la o pompă de presiune pătrunde în camera de umplere aflată în jurul bucşei elementului şi în spaţiul aflat în partea de sus a pistonului plonjor. Mişcarea elementului pompei se face sub acţiunea unei came tangenţiale, aflată pe un ax separat. Această camă împinge, printr-un sistem de tijă şi culbutor, tachetul aflat solidar cu elementul. Găurile de alimentare se închid, presiunea combustibilului creşte, ridică supapa unui sens şi trece apoi prin distanţier, unde se află montat şi arcul injectorului, în pulverizator. Cînd se atinge presiunea de deschidere, acul se ridică şi combustibilul e pulverizat în camera de ardere. Reglajul debitului se face cu o cremalieră care roteşte pistonul plonjor faţă de bucşă.

Avantajul acestei construcţii rezidă într-o construcţie mult mai simplă, absenţa unor elemente de joasă fiabilitate (conductă înaltă presiune) şi posibilitatea controlării precise a procesului de injecţie. În figura 2 sînt prezentate curbele de variaţie a presiunii de injecţie şi cursei acului pulverizatorului pentru o pompă injector, determinate pe cale experimentală.

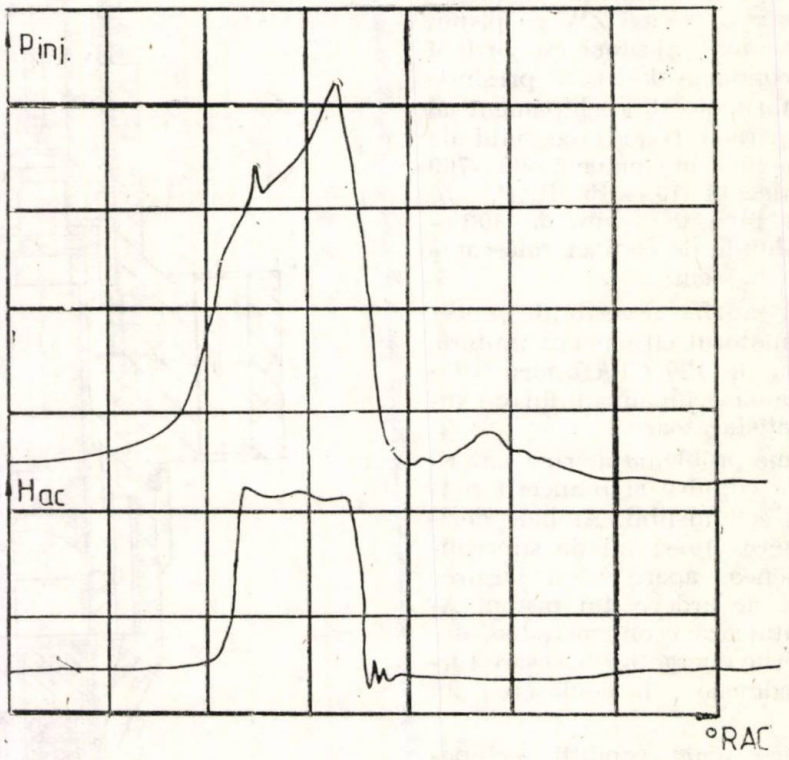


Fig. 2 Curbele de variaţie a presiunii de injecţie şi cursei acului pulverizatorului pentru pompa injector (determinări experimentale).

Monocilindru experimental

Motorul monocilindric ∅ 165 x 185 mm a fost dotat cu o pompă Z W cît şi cu o pompă injector, în vederea implementării acesteia din urmă. Pe lîngă facilitatea posibilităţii de instrumentare, operativitatea şi economicitatea activităţii de investigare experimentală, motorul monocilindric prezintă particularităţi constructiv funcţionale ce caracterizează lanţul cinematic al mecanismului de antrenare a pompei injector care nu definesc soluţia ca atare.

Mecanismul de antrenare a pompei injector, specific motorului monocilindric, nu va afecta în aceeaşi măsură şi motorul policilindric. Pentru a determina — şi deci a elimina — influenţa mecanismului de antrenare, s-au ridicat caracteristici în condiţiile echipării succesive a motorului în trei variante :

— injecţie directă folosind pompă ZW ;

— injecţie directă folosind pompă ZW şi mecanismul de antrenare a pompei-injector ;

— injecţie directă folosind pompă injector.

Varianta a doua va constitui obiectul comparaţiei cu soluţia selecţionată în urma cercetărilor prezentate pe parcursul lucrării de faţă.

Corelaţia dintre geometria jetului de combustibil, mişcarea de rotaţie a aerului şi arhitectura camerei de ardere

Valorificarea avantajelor potenţiale ale injecţiei de înaltă presiune, ce caracterizează pompa injector, presupune corelaţia dintre geometria jetului de combustibil, mişcarea de rotaţie a fluidului motor şi arhitectura camerei de ardere ce caracterizează soluţia energetică respectivă.

Mișcarea de rotație imprimată fluidului motor la admisia în cilindru, prin profilarea canalului de admisie, se obține cu un consum energetic care afectează negativ randamentul umplerii.

Pentru îmbunătățirea umplerii, va trebui scăzută intensitatea mișcării de rotație a aerului și — ca o consecință directă — trebuie mărit numărul de jeturi al pulverizatorului, pentru a putea asigura folosirea eficientă a aerului, adică o bună omogenizare a amestecului aer — combustibil.

În condițiile în care se menține secțiunea echivalentă de trecere prin orificiile pulverizatorului, creșterea numărului de jeturi presupune scăderea diametrului acestor orificii. Pentru a asigura penetrația jetului de combustibil, la o arhitectură dată a camerei de ordere, este necesară creșterea presiunii de injecție, deziderat pe care pompa injector îl realizează în bune condiții, beneficiind în același timp de avantajul înlăturării efectului negativ al undelor de presiune propagate în conductele de înaltă presiune ale echipamentului de injecție clasic.

În lucrarea de față sînt prezentate rezultatele cercetărilor efectuate cu un pulverizator cu nouă jeturi, avînd diametrul de 0,35 mm, în condițiile modificării mărimilor gazodinamice aferente celor trei chiulase studiate.

Chiulasă	$(\overline{\mu\sigma})$ m	$\left(\frac{n_D}{n}\right)$ m	Variație $(\overline{\mu\sigma})$ %	Variație $\left(\frac{n_D}{n}\right)$ %
01	0,3536	2,497	Referință	Referință
02	0,3716	1,9169	+ 4,84	— 23
03	0,422	0,1123	+ 19,34	— 95

Pentru fiecare din cele trei variante menționate, s-a procedat în prealabil la optimizarea presiunii de deschidere a injectorului și a

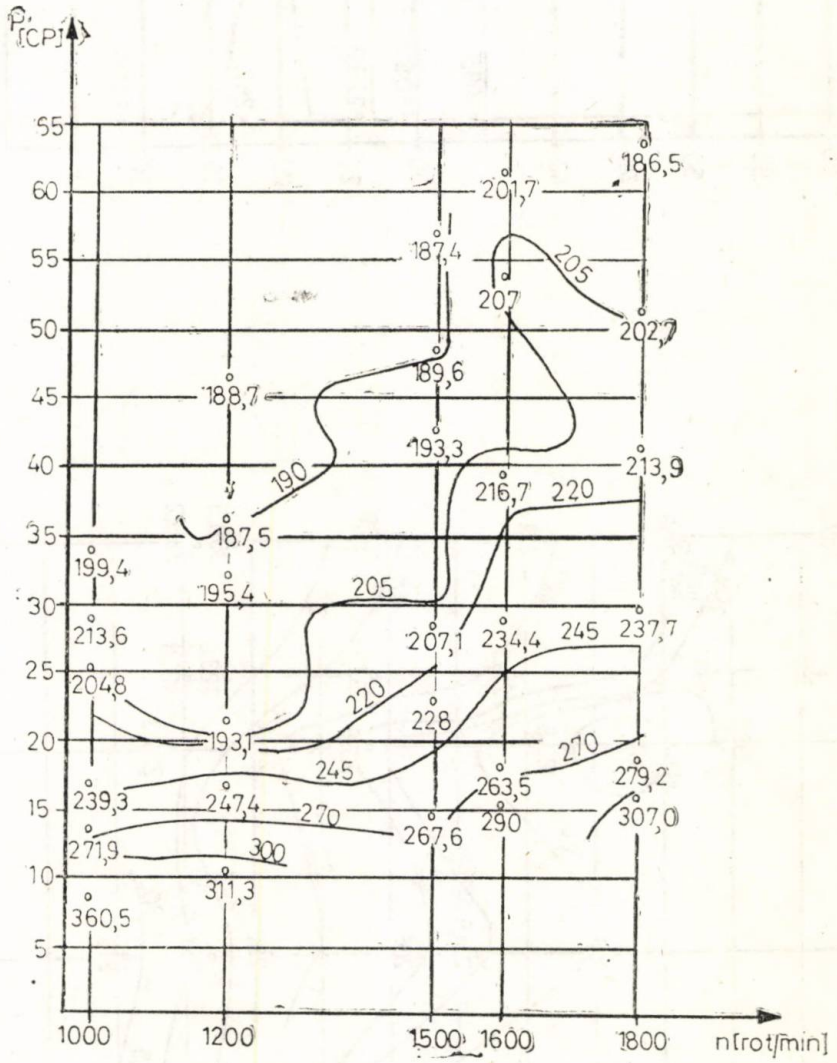


Fig. 3 Caracteristică complexă. Chiulasă cu turbionare bună (01), pulverizator prevăzut cu 9 orificii reglat la presiunea de deschidere p_d = = 350 kgf/cm² — varianta 1.

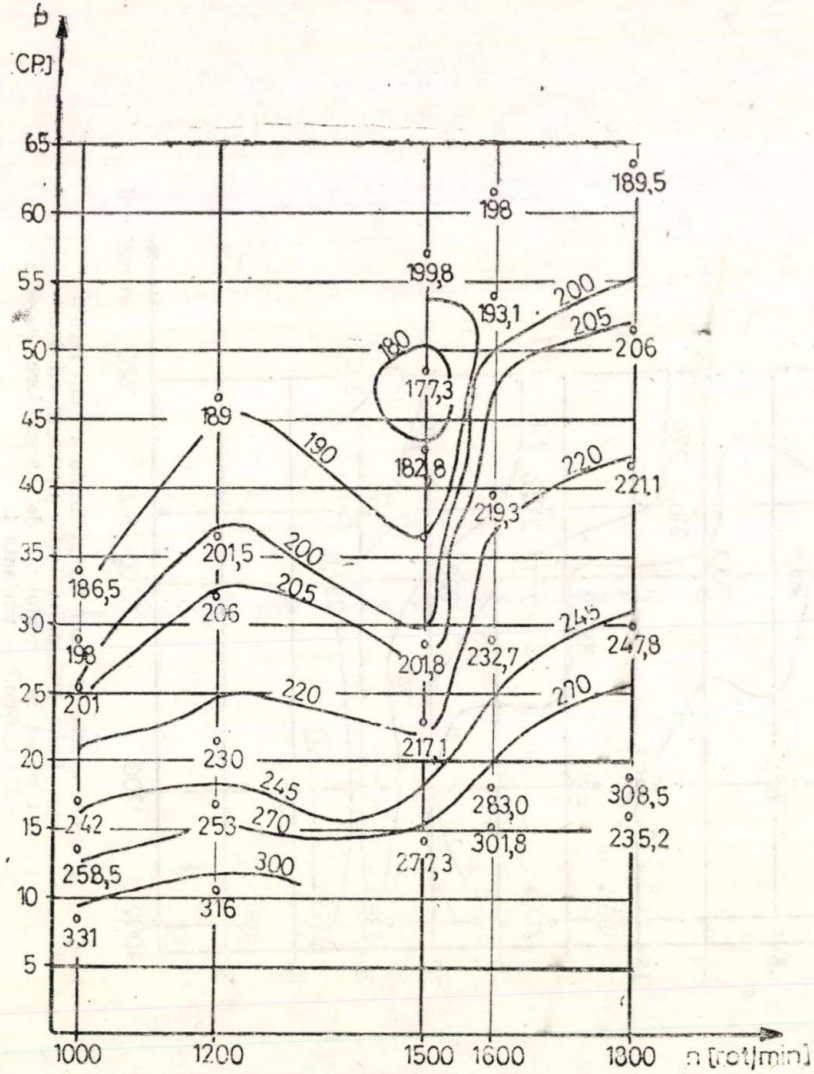


Fig. 4 Caracteristică complexă. Chiulasă cu turbionare slabă .02), pulverizator prevăzut cu 9 orificii reglat la presiunea de deschidere p_d =365 kgf/cm² — varianta 2.

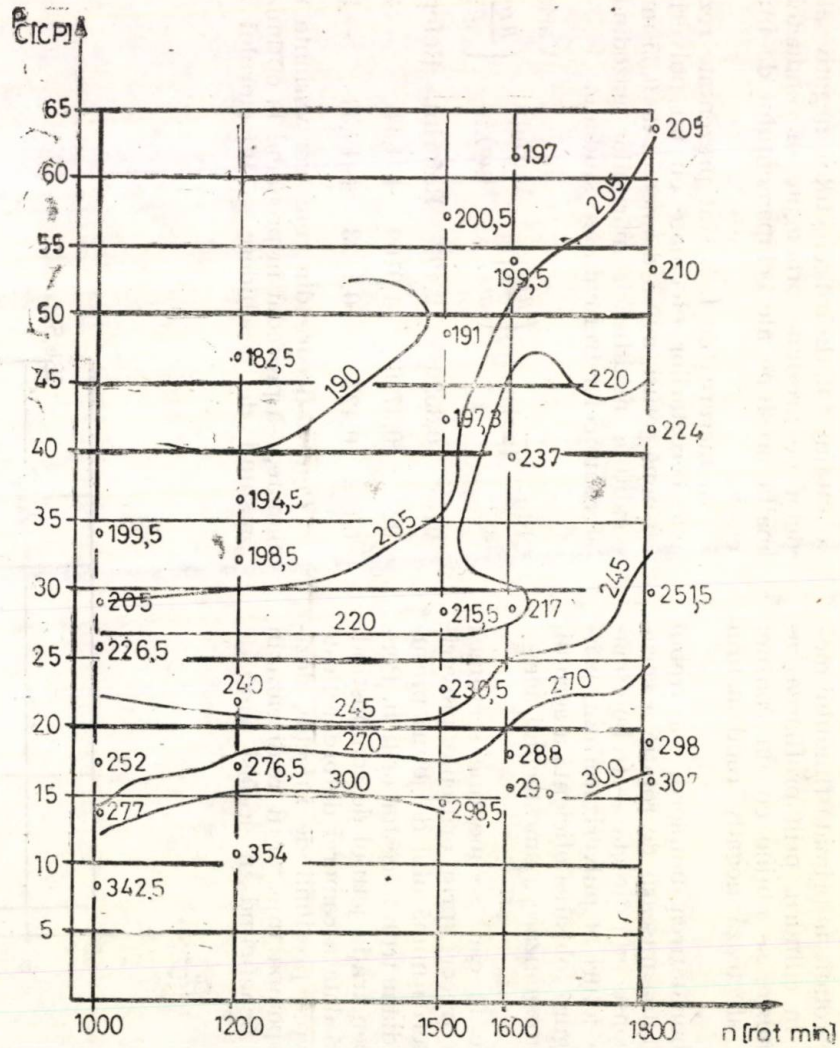


Fig. 5 Caracteristică complexă. Chiulasă fără turbionare (03), pulverizator prevăzut cu 9 orificii reglat la presiunea de deschidere p_d = 340 kgf/cm² — varianta 3.

avansului la injecție, în condițiile funcționării motorului echipat cu aceeași cameră de ardere unitară.

Performanțele sînt prezentate sub formă de caracteristici complexe prezentate în figurile 3, 4, 5.

Analiza comparativă a caracteristicilor menționate evidențiază chiulasa cu turbionare slabă — varianta 2 — ca fiind cea mai performantă, întrucît este singura care înregistrează un pol economic de 180 g/CPh, iar curba de izoconsum corespunzătoare consumului specific de 190 g/CPh are întinderea cea mai mare fiind cuprinsă între turațiile de 1 000 — 1580 RPM și sarcinile 60—95%.

Rezultatele experimentale confirmă raționamentul potrivit căruia intensitatea mișcării de rotație a fuidului este prea mare, pentru utilizarea unui pulverizator cu nouă jeturi, în cazul chiulasei cu turbionare bună, și insuficientă în cazul utilizării aceluiași pulverizator la chiulasa fără turbionare.

În vederea evidențierii performanțelor de economicitate, în condițiile utilizării pompei injector, s-au suprapus caracteristicile complexe ridicate pentru varianta 2 cu cele ridicate pentru soluția de referință, în condițiile funcționării motorului cu echipament de injecție clasic (fig. 6).

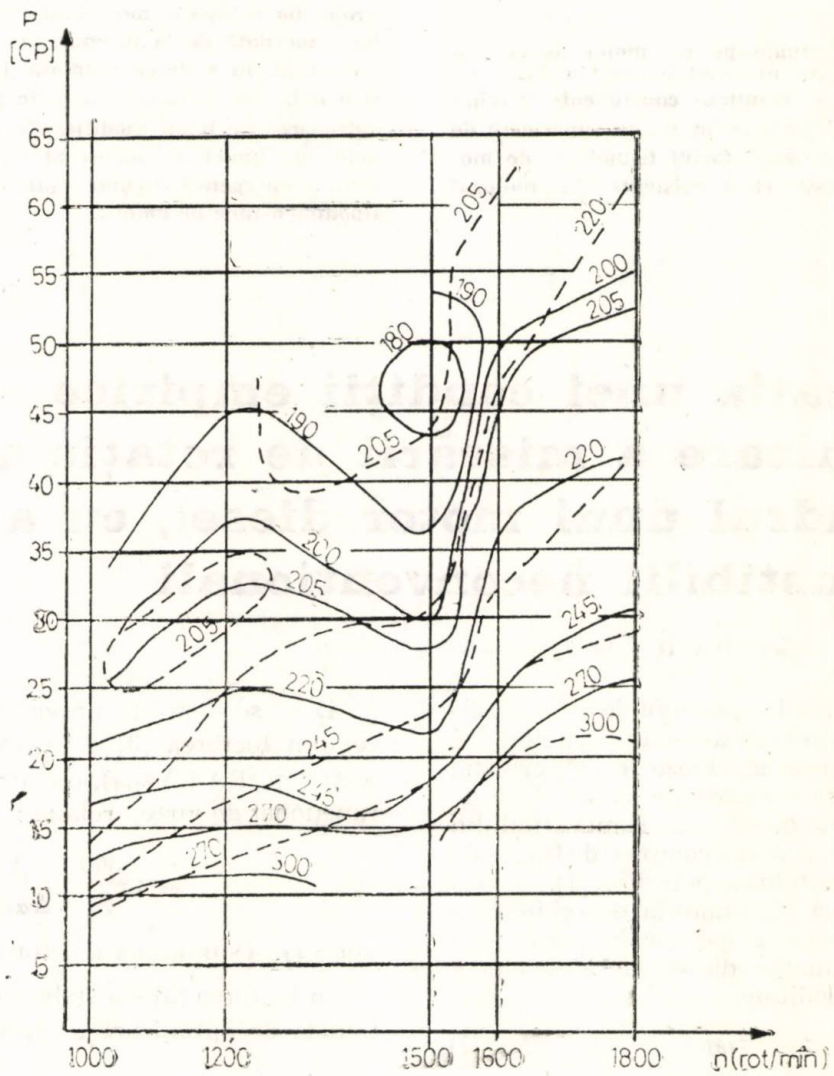


Fig. 6 Caracteristică complexă — date comparative:
——— pompă — injector amplasată în chiulasă cu turbionare slabă — varianta 2.
— — — injecție directă clasică cu mecanism de antrenare a pompei-injector (soluția de referință).

Creşterea performanţelor odată cu utilizarea pompei injector este semnificativă. Acestea prezintă un pol de 180 g/CPh şi o curbă de izoconsum de 190 g/CPh neîntîlnite la soluţia de referinţă care înregistrează valoarea minimă la 205 g/CPh. De asemenea, curbele de izoconsum obţinute cu pompa injector acoperă un cîmp mai larg de sarcini, faţă de valorile echivalente ale curbelor de izoconsum realizate cu pompa de injecţie de mărime ZW.

În cursul cercetărilor s-a observat că este necesară creşterea presiunilor de deschidere a acului pulverizatorului. Aceasta se explică prin scăderea penetraţiei jetului odată cu creşterea eficienţei de pulverizare, consecinţă a micşorării diametrului găurii pulverizatorului şi a creşterii presiunii de injecţie.

Concluzii

1. Cercetările efectuate pe un motor monocilindric asupra unei soluţii utilizînd pompa injector au dus la obţinerea unor rezultate concludente privind posibilitatea obţinerii unor performanţe superioare de economicitate care justifică efortul tehnologic de modificare a soluţiei constructive existente la motorul respectiv.

2. Din analiza comparativă a proceselor energetice obţinute cu sisteme de alimentare clasice şi cu pompă injector, rezultă scăderea sensibilă a consumului specific de combustibil — cu aproximativ 7 %; aceasta a fost obţinută pe un cîmp larg de sarcini cuprinse între 50 % şi 100 % şi de turaţii cuprinse între 1200 şi 1800 RPM. Aceste rezultate au fost obţinute în urma unor cercetări laborioase de optimizare a facturilor constructivi şi funcţionali, de corelare a geometriei jetului de combustbil cu arhitectura camerei de ardere şi mişcarea de rotaţie a fluidului motor.

3. Datele experimentale obţinute, în cazul testării chiulasei fără turbionare, ne îndreptăţesc să afirmăm că nu s-au epuizat toate rezervele soluţiei. Continuarea cercetărilor în direcţia păstrării unei umpleri foarte bune, asociată cu organizarea unei mişcări de foarte slabă intensitate a fluidului motor, pot conduce la îmbunătăţirea în continuare a rezultatelor obţinute.

4. Performanţele de economicitate recomandă injecţia de presiune înaltă ca o soluţie de perspectivă. Problema echipării motorului cu pompă injecţie trebuie abordată de la început, din faza de proiectare a motorului, în vederea amplasării acesteia în chiulasă şi a definirii lanţului cinematic al mecanismului de antrenare. Pe lîngă modificările constructive menţionate, din punct de vedere al cercetărilor de proces, soluţia energetică trebuie optimizată pentru fiecare tipodimensiune de motor.

CZ : 662.61 : 621.436

Semnificaţia unei condiţii empirice de optimizare a mişcării de rotaţie a gazelor din cilindrul unui motor diesel, cu aplicaţie la combustibilii neconvenţionali

Prof. dr. ing. Berthold **GRÜNWALD** — Institutul Politehnic Bucureşti

La motoarele diesel cu cameră de ardere unitară şi mişcare de rotaţie a fluidului motor, s-a dovedit necesar să se elucideze în ce corelaţie se află intensitatea mişcării de vîrtej, faţă de proprietăţile de vaporizare a combustibilului neconvenţional, în general complet distincte de acelea ale combustibilului petrolier [1].

În unele lucrări [2], condiţia de optimizare a mişcării de rotaţie a gazelor în jurul axei cilindrului unui motor diesel de autovehicul este defnită de egalitatea :

$$\tau_\theta = \tau_{inj}, \qquad (1)$$

unde τ_θ este intervalul de timp în care fluidul motor parcurge distanţa unghiulară θ dintre două jeturi, iar τ_{inj} este durata injecţiei combustibiului. Relaţia (1) impune condiţia ca aerul dintre două jeturi să treacă integral printr-un jet în perioada injecţiei.

Dacă se dezvoltă un raţionament analog cu cel din lucrarea [3] şi se exprimă durata injecţiei în ^{0}RA ($\Delta\alpha_{inj}$),se obţine, pentru raportul funcţional de vîrtej, relaţia :

$$\tilde{\lambda} = \frac{360}{z_j} \cdot \frac{1}{\Delta\alpha_{inj}}, \qquad (2)$$

unde z_j este numărul jeturilor de combustibil.

În lucrarea [3] s-a stabilit ca o condiţie funcţională de optimizare a macromixturii relaţia :

$$\tau_0 = \tau_{vap}/\mu, \qquad (3)$$

unde τ_{vap} este durata de vaporizare, în secunde, iar μ este un factor de divizare impus de faptul că procesul de vaporizare a combustibilului în cilindrul motorului decurge cu viteză va-

riabilă. Condiția (3) a condus la o expresie a raportului funcțional de vîrtej de forma :

$$\tilde{\lambda} = \frac{360}{z_j} \cdot \frac{\mu}{\Delta\alpha_{vap}}, \qquad (4)$$

care diferă de condiția (2) prin μ și prin durata de vaporizare $\Delta\alpha_{vap}$ în °RA.

Este firesc să se stabilească ce implicații are pentru practică fiecare dintre cele două relații, cu atît mai mult cu cît, la alimentarea unui motor diesel cu combustibil neconvențional, $\Delta\alpha_{vap}$ se modifică sensibil.

Condiția (3) a fost stabilită pentru a corela procesul de amestecare cu cel de vaporizare a combustibilului. Este cunoscut că $\tau_{inj} \ll \tau_{vap}$. Prin urmare, dacă aerul trece prin jet numai în perioada τ_{inj} el preia numai o parte din masa de combustibil și anume partea din masa de combustibil și anume partea care s-a vaporizat. Pentru a distribui complet vaporii de combustibil în aer, aerul trebuie să treacă de mai multe ori prin jet pînă se termină vaporizarea. Dar nu există o legătură directă între durata de injecție și durata de vaporizare. Aceasta se evidențiază îndeosebi cînd se folosesc combustibili cu caracteristici de vaporizare foarte diferite. De exemplu, E. Müller evidențiază pe cale experimentală [4] că durata locală de vaporizare a peliculei de combustibil depusă pe cupa pistonului (procedeul de ardere „M") variază cu punctul de fierbere al combustibilului și nu cu durata injecției (tab. 1).

Potrivit relației (2), $\tilde{\lambda}$ nu depinde de natura combustibilului și ar rămîne neschimbat pentru cele două substanțe. Ori, raționamentul elementar (pe baza condițiilor la limită) arată că nu e posibil ca $\tilde{\lambda}$ să nu depindă de proprietățile de vaporizare (dacă viteza de vaporizare $\dot{m}_v \to \infty$, $\tilde{\lambda}$ trebuie să fie foarte mare, dacă $\dot{m}_v \to 0$, $\tilde{\lambda}$ trebuie să fie foarte mic). Pe de altă parte, dacă se încearcă a se determina τ_θ în raport cu τ_{inj}, atunci relația (3) ar trebui să fie scrisă sub forma :

$$\tau_\theta = \frac{1}{\mu}\tau_{vap} \cdot \frac{\tau_{inj}}{\tau_{inj}} = \frac{1}{\mu}\frac{\tau_{vap}}{\tau_{inj}}\tau_{inj} = \frac{x}{\mu}\tau_{inj}, \qquad (5)$$

iar $\tilde{\lambda}$ devine :

$$\tilde{\lambda} = \frac{360}{z_j} \cdot \frac{\mu}{x\ \Delta\alpha_{inj}}, \qquad (6)$$

unde x arată de cîte ori este mai mare τ_{vap} față de τ_{inj}. Întrucît τ_{vap} nu se corelează cu τ_{inj}, x este un număr empiric, iar relația (2) are un caracter empiric.

Totuși, relația (2) prezintă un anumit interes. Ea poate găsi aplicație cînd se referă la combustibili din aceeași clasă (de exemplu motorine), care au caracteristici de vaporizare apropiate, pentru care s-a acumulat un anumit nivel de experiență. În adevăr, dacă $\mu = 2$ și se admite aproximația $x = 2$ ($\tau_{vap} = 2\tau_{inj}$), relația corectă (6) se reduce la relația empirică (2) și indică, pentru acest caz, un punct de plecare pentru punerea la punct a unui procedeu de ardere (corelarea sistemului de admisie — care creează mișcarea de rotație, cu arhitectura camerei de ardere — care intensifică mișcarea de rotație creată în admisie, cu caracteristicile jetului și momentului injecției — care definesc vaporizarea).

Relația (2) reprezintă un instrument empiric, care, aplicat la combustibili cu proprietăți diferite de vaporizare, conduce la soluții tehnice eronate. Acest fapt a rezultat din experiența proprie, cînd s-a încercat a se mări proporția limită de metanol în emulsia de motorină-metanol cu care s-a alimentat motorul MAN D 2156 [5, 6]. Folosind aceeași pompă de injecție, la creșterea proporției de metanol în emulsie, a fost necesar să se amplifice cursa utilă s_u a pistonașului (fig. 1 a), pentru a spori doza de combustibil pe ciclu în scopul menținerii puterii nominale a motorului. Procedînd astfel, durata injecției a crescut, ceea ce a pretins, potrivit relației (2), să se micșoreze $\tilde{\lambda}$ (fig. 1 a). Pentru a veni în întîmpinarea acestui deziderat, s-a amplificat raportul de comprimare ε de la 17 la 19, prin reducerea volumului cupei din piston, ceea ce a permis reducerea raportului efectiv de vîrtej la punctul mort interior λ_{pmi} (fig. 1 b). În final s-a observat că, deși au fost îmbunătățite condițiile de aprindere ca și cele de vaporizare prin mărirea lui ε, contrar așteptărilor, proporția limită de metanol a scăzut (fig.

Tabelul 1

Natura combustibilului	Punctul de fierbere [°C]	Diamerul mediu al picăturii, [μm]	$\Delta\alpha_{inj}$, [°RA]	$\Delta\alpha_{vap}$, [°RA]
Etilenglicol	135	13	15 ... 16	38
Etilendiglicol	201,9	15	15 ... 16	65

1 b). Această tendință era previzibilă dacă s-ar fi aplicat relația (4). Întrucît mărirea raportului de comprimare prin soluția menționată a exercitat două tendințe opuse (efect favorabil de presiune și temperatură asupra aprinderii și vaporizării, efect nefavorabil asupra lui λ) s-a conchis că în regim nominal macromixtura a avut un efect preponderent.

Se consideră cazul aceluiași motor diesel care se prevede cu posibilitatea de a fi alimentat după nevoie (natura combustibilului disponibil), ca în varianta anterioară sau în varianta alimentare parțială cu gaze naturale (pentru simplitate se alege gradul de substanțe de 50 %). În acest caz apare o problemă specială de macromixtură în regimul nominal, deoarece tre-

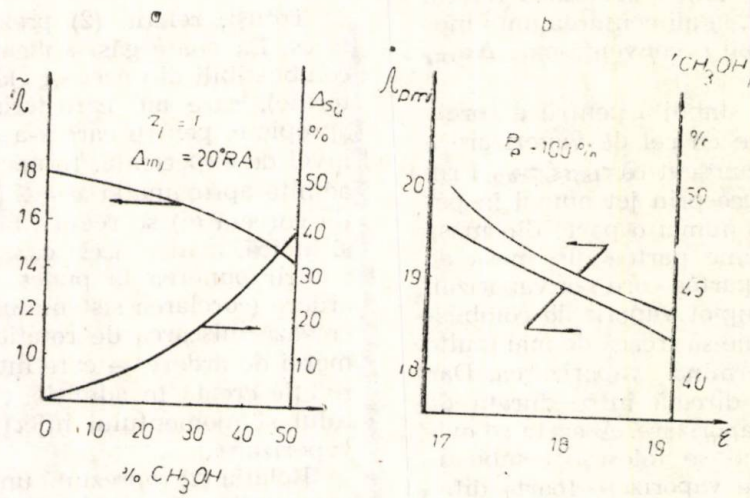


Fig. 1 Variația raportului de vîrtej în conținutul de metanol și raportul de comprimare.

Utilizarea combustibilului neconvențional, cu caracteristici de vaporizare foarte diferite de cele ale motorinei, ridică probleme speciale de macromixtură la motoarele diesel, în regimurile pentru care aerul este la limită, adică regimul nominal în primul rînd, regimurile de plină sarcină pentru $n_M \leqslant n \leqslant n_P$, precum și în regimurile de accelerare.

Se consideră cazul unui motor diesel care se trece de la alimentarea cu motorină la alimentarea cu gaze naturale. Amestecul aer-combustibil gazos se formează în exteriorul cilindrului, în amestecătorul-dozator. Aprinderea se realizează prin injecția unui pilot de motorină reprezentînd 10 ... 12 % din doza de combustibil pe ciclu. Fluidul motor conservă mișcarea de rotație proiectată inițial pentru motorul diesel. Raportul efectiv de vîrtej în regim nominal $\tilde{\lambda}_N$ este dat. În formula de alimentare admisă, mișcarea de rotație nu este necesară, dar prin efectele ei — consum de energie pentru producerea ei, intensificarea pierderilor de căldură prin pereți — reduce randamentul indicat al motorului. Astfel, procedeul de ardere nu mai apare optimizat pentru noua soluție de alimentare cu combustibil. Optimizarea ar cere anularea mișcării de rotație — schimbarea supapelor de admisie, dacă au ecran sau schimbarea galeriilor de admisie, dacă au forma de spirală etc. Ar rezulta în plus un grad de umplere mai ridicat, deci un spor de putere și un spor de randament.

buie asigurată distribuția unghiulară a combustibilului diesel într-un amestec aer-combustibil deja format. În fronturile radiale se realizează un coeficient de dozaj inițial $\lambda_\varphi^0 \gg 1$, produs în amestecător. Motorul a fost proiectat inițial pentru doza de motorină în regim nominal $\tilde{m}_{MN}^0$. La alimentarea parțială cu gaze naturale doza de motorină devine : $\tilde{m}_{MN} = 0{,}5\ \tilde{m}_{MN}^0$. Se apelează la relația (4) transformată [3], în care $\Delta\alpha_{vap}$ s-a substituit cu viteza medie de vaporizare $\bar{m}_v$, doza de combustibil $\tilde{m}_c$ și turația motorului n. Raportul funcțional de vîrtej înainte de alimentarea motorului cu gaze naturale este :

$$\lambda_N^0 = \frac{60}{z_j} \cdot \frac{\mu \bar{m}_v}{n \cdot \tilde{m}_{MN}^0}, \qquad (7)$$

iar după transformare devine :

$$\tilde{\lambda}_N = \frac{60}{z_j} \cdot \frac{\mu \bar{m}_v}{n \cdot 0{,}5 \tilde{m}_{MN}^0} = 2\lambda_N^0, \qquad (8)$$

ceea ce înseamnă că $\tilde{\omega}_N = 2\tilde{\omega}_N^0$ (în relația (8) s-a considerat că după transformare, condițiile de vaporizare pentru motorină au rămas neschimbate, adică $\bar{m}_v = \text{ct}$). Dacă mișcarea efec-

tivă de vîrtej a fost optimizată înainte de alimentarea cu gaze naturale, ea a îndeplinit condiția $(\dot{\omega}_N^0)_{opt} = \tilde{\omega}_{oN}^0$, [3]. După alimentarea cu gaze naturale, se cere a fi îndeplinită condiția :

$$(\dot{\omega}_N)_{opt} = \tilde{\omega}_{oN} = 2\tilde{\omega}_{oN}^0 = 2(\dot{\omega}_N^0)_{opt} \qquad (9)$$

Dacă nu se prevăd nici un fel de modificări constructive, rezultă că, după transformare, viteza unghiulară proiectată a rămas neschimbată, adică $\dot{\omega}_N = \dot{\omega}_N^0$ sau $\dot{\omega}_N \gg \dot{\omega}_N)_o^{a_t}$, deci mișcarea de vîrtej este insuficientă. O parte din fronturile radiale preiau prea mult combustibil, iar altele preiau puțin ; arderea devine incompletă, motorul nu furnizează întreaga putere, randamentul scade. Este necesar un nou acord între sistemul de admisie — camera de ardere — caracteristicile injecției.

Raportul de vîrtej efectiv se determină pe mai multe căi, analitic sau experimental. Una dintre metodele de calcul se bazează pe teorema conservării momentului cinetic și consideră că fluidul motor este un cilindru rigid care are o mișcare de rotație frînată din cauza forțelor de frecare. Dacă nu se ține seama de forțele de frecare, ipotezele simplicatorii de calcul conduc la următoarea expresie [2] :

$$\dot{\lambda}_{pmi} = 76{,}4 \frac{\eta_\omega}{\delta_c^2 \cdot n} \cdot \frac{r_{sa}}{D^2} W_{sa} \cos\gamma, \qquad (10)$$

unde :

$\dot{\lambda}_{pmi}$ este raportul efectiv de vîrtej la punctul mort interior;

r_{sa} — raza talerului supapei de admisie, în [m];

D — alezajul în [m];

W_{sa} — viteza medie a aerului prin orificiul oferit de supapa de admisie, în [m/s];

δ_c — diametrul relativ (raportul dintre diametrul cupei din piston și alezaj);

γ — unghiul de înclinare a sediului de supapă;

n — turația în [min^{-1}];

η_ω — coeficientul de eficiență al mișcării de vîrtej, care ia în considerare că numai o parte din aerul care pătrunde în cilindru se înscrie în mișcarea de rotație și generează momentul cinetic al fluidului motor. Coeficientul a fost introdus pentru prima dată în lucrarea [7], care arată că, în absența lui, calculul include o importantă sursă de erori.

Relația (10) indică factorii principali ai primelor două sisteme, care ar trebui modificați. Caracteristicile injecției pot fi schimbate relativ mai simplu (v. relațiile 12, 12 *, 14, 15), astfel că se recomandă a se începe cu modificarea sistemului de injecție (diametrul și numărul orificiilor pulverizatorului, presiunea de injecție, avansul la injecție, unghiul de înclinare a axei orificiului).

Se consideră cazul alimentării unui motor diesel cu combustibil neconvențional de tipul alcoolilor. Relațiile (4) sau (7) arată că este previzibilă o reducere sensibilă a raportului funcțional de vîrtej, ca urmare a creșterii intensității procesului de vaporizare. Totuși relațiile care descriu vaporizarea combustibilului sînt complexe și evidențiază influențe contradictorii ale unor factori. Proiectarea și cercetarea stabilesc efectul rezultant printr-o activitate laborioasă, rafinată.

La procedeul de ardere clasic, cu distribuția combustibilului în volum se determină durata de vaporizare pe baza relației fundamentale de vaporizare a picăturii de combustibil :

$$d_{po}^2 - d_p^2 = K_v \tau, \qquad (11)$$

unde :

d_{po} este diametrul inițial al picăturii de combustibil;

d_p — diametrul picăturii la un moment dat ;

K_v — constanta de vaporizare.

Durata de vaporizare ($\tau = \tau_{vap}$) se obține din condiția limită $d_p = 0$, astfel că :

$$\Delta\alpha_{vap} = 6n \frac{d_{po}^2}{K_v} \qquad (12)$$

Constanta de vaporizare variază cu natura combustibilului, fiind proporțională practic cu presiunea de vapori. Pentru K_v s-a găsit relația, după [4] :

$$K_v = \frac{8}{\rho_c} \cdot \frac{p_v}{p_{cil}} \cdot \frac{M_v}{M_m} \cdot \frac{\lambda_m}{c_{pm}} \cdot \frac{1}{\frac{p_{cil}}{p_v} \ln \frac{p_{cil}}{p_{cil} - p_v} + \frac{\lambda_{tm}}{\rho_m c_{pm}} \frac{0{,}5 D_v}{R_v T_m \eta_m}} \qquad (12\,*)$$

unde :

p este presiunea în [N/m^2];

ρ — densitatea, în [kg/m^3] ;

M — masa moleculară;

λ_t — coeficientul de conductibilitate în [kJ/mcK] ;

c_{pm} — căldura specifică la presiune constantă, în [kJ/m sK] ;

T — temperatura în [°K] ;

η — vîscozitatea dinamică în [Ns/m^2] ;

R — constanta specifică a gazului, în [kJ/kg].

Indicele „c" se referă la combustibilul lichid ; indicele „v" — la vaporii de combustibil ; indicele „cil" — la fluidul motor din cilindru, eventual aer ; indicele „m" la valoarea medie a parametrului, valoare care se determină ca medie între parametrii aerului din cilindru și parametrii vaporilor de pe suprafața combustibilului lichid, și anume :

$$T_m = 1/2(T_{cil} + T_v) \qquad (13\,a)$$

$$M_m = CM_v + (1 - C) M_{cil}, \qquad (13\,b)$$

$$\rho_m = \frac{p_{cil} M_m}{R T_m}, \qquad (13\,c)$$

$$\lambda_{tm} = C\lambda_{tv} + (1 - C)\lambda_{tcil}, \qquad (13\,d)$$

$$c_{pm} = C\frac{M_v}{M_m}c_{pv} + (1 - C)\frac{M_{cil}}{M_m}c_{pcil}, \qquad (13\,e)$$

$$\eta_m = C\eta_v + (1 - C)\eta_{cil} \qquad (13\,f)$$

unde $C = p_v/2\,p_{cil}$, iar temperatura T_v se poate considera ca fiind egală cu punctul de fierbere al combustibilului.

Pe de altă parte și diametrul particulei variază cu natura combustibilului. Pentru diametrul mediu aritmetic se poate folosi relația, după [4] :

$$p_{p0} = 96\frac{d_o}{W_e^{0,36}R_e^{0,4}}\left(\frac{\rho_e}{\rho_{cil}}\right)^{0,07}\left(\frac{\tilde{m}_c^0}{\tilde{m}_c}\right)^{0,4}, \qquad (14)$$

unde numerele Weber și Reynolds au expresiile :

$$W_e = \frac{W_o^2 d_o \rho_c}{\sigma_c}, \quad R_e = \frac{W_o d_o}{\nu_c}, \qquad (14^*)$$

sau relația indicată în [2].

În relațiile (14 și (14*) s-a notat :

d_o — diametrul orificiului pulverizatorului ;

W_0 — viteza combustibilului prin orificiul pulverizatorului ;

ν_c — vîscozitatea cinematică a combustibilului ;

σ_c — tensiunea superficială a combustibilului;

$\tilde{m}_c^0$ — doza de combustibil la plină sarcină ;

$\tilde{m}_c$ — doza de combustibil la sarcina curentă.

La procedeul de ardere „M", cu distribuția combustibilului în peliculă, pe cupa pistonului, la injecția unui combustibil cu viteză mare de vaporizare se modifică durata de vaporizare pe două căi, atît prin vaporizarea picăturilor din jet, cît și prin vaporizarea combustibilului din peliculă. S-a stabilit prin calcul că la utilizarea combustibilului cu punct de fierbere mai redus, o fracțiune importantă din doza de combustibil trece în faza de vapori, cînd picăturile din jet se deplasează liber, înainte de a ajunge la perete. La utilizarea etilglicolului (punct de fierbere $t_f = 135°C$), în locul cetanului ($t_f = 287°C$), se vaporizează (în $\tau = 0{,}9$ ms), pe traseul liber dintre pulverizator și perete, pînă la 82 % din doza de combustibil, în primul caz, și pînă la 11 % în al doilea caz (fig. 2). Restul ajunge pe perete sub formă de peliculă. Astfel jetul de picături constituie o sursă de vapori mult mai importantă decît pelicula, ale cărei dimensiuni se reduc (fig. 3). În fine, se observă că însăși viteza de vaporizare în peliculă crește, ceea ce se ilustrează prin variația în timp a grosimii locale s_x (fig. 4) a peliculei depuse pe suprafața laterală a cupei din piston — punctul x din figura 3. Pentru două substanțe cu punct de fierbere diferit, durata de vaporizare scade de la 50 la 22°RA.

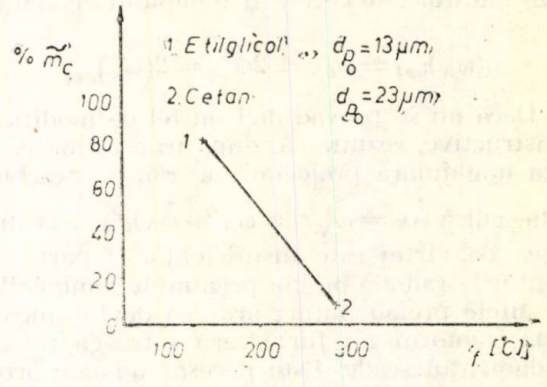


Fig. 2 Fracțiunea din doza de combustibil care se vaporizează în jetul liber.

Pentru viteza de vaporizare în peliculă este aplicabilă relația :

$$\dot{m}_v = 0{,}16(r_c\omega)^{0,8}\nu_m^{0,2}\cdot\frac{1}{d_c 0{,}2}\,p_v\,\frac{1}{R_v T_m}\,A_{pel}, \qquad (15)$$

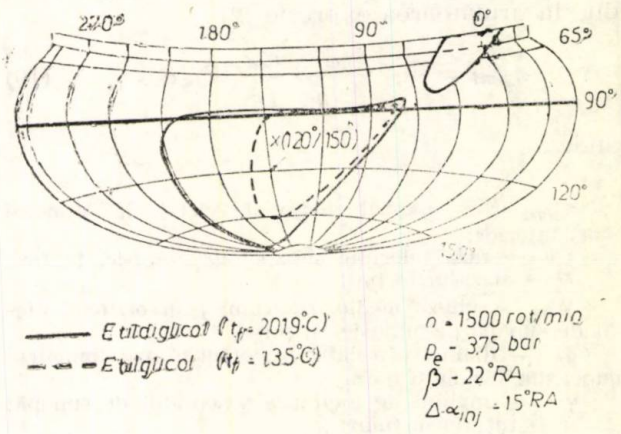


Fig. 3 Forma și dimensiunile peliculei de combustibil depusă pe cupa din piston, la procedeul de ardere „M".

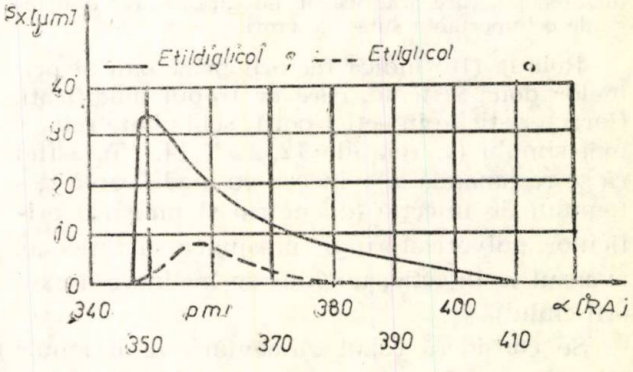


Fig. 4 Evoluția grosimii stratului de combustibil cu unghiul de rotație a arborelui cotit.

unde r_c este raza cupei din piston ($r_c = d_c/2$), iar A_{pel} este aria suprafeței peliculei (celelalte mărimi au fost definite anterior). Se observă că viteza de vaporizare depinde direct de viteza tangențială a fluidului motor la suprafața peliculei, de presiunea p_v și de aria A_{pel}. Ultimii doi parametri exercită influențe contradictorii, la utilizarea unui combustibil cu punct de fierbere mai redus. De exemplu, presiunea de vapori la etilglicol este de 15 000 bar la 300°C, față de 1500 bar pentru cetan, la aceeași temperatură. Aria A_{pel} scade însă mai puțin pentru etilglicol, iar viteza de vaporizare globală (pentru întreaga peliculă) se amplifică. Se reduce totodată și masa $\tilde{m}_c$, care acum are un sens convențional, fiind fracțiunea unei doze de combustibil, care se depune pe perete. Așadar, toți parametrii din relația (7) contribuie la reducerea lui $\tilde{\lambda}$. Relația (15) trebuie aplicată simultan cu relația (12), care definește pe $\tilde{\lambda}$ pentru picăturile libere din jet.

Din analiza sumară efectuată numai pentru regimul nominal, ales ca referință pentru însemnătatea lui (motoarele diesel trecute la alimentarea cu combustibil neconvențional nu trebuie să piardă performanța de randament ca și performanțele de putere realizate cu combustibilul petrolier), cît și pentru semnificația lui, ca exemplu ilustrativ pentru problemele de amestecare a combustibilului cu aerul la nivelul scărilor mari, se desprind cîteva **concluzii** principale pentru practică.

După cum se arată în [3], raportul efectiv optim de vîrtej $\dot{\lambda}_{opt}$ este corelat cu raportul funcțional de vîrtej $\tilde{\lambda}_o$ prin relația :

$$\dot{\lambda}_{opt} = \tilde{\lambda}_o, \qquad (16)$$

unde $\tilde{\lambda}_o$ este valoarea particulară a lui $\tilde{\lambda}$ cînd este îndeplinită condiția (16).

În relația (16), membrul stîng este determinat de unele particularități constructive ale sistemului de admisie și ale camerei de ardere(v. de exemplu, relația 10 ; membrul drept se referă la procesele fizice de vaporizare a combustibilului, dependente de caracteristicile jetului (deci de sistemul de injecție), de starea fluidului motor, de raportul de comprimare, de nivelul termic al suprafețelor din cilindru etc. Așadar, relația (16) stabilește un acord de optimizare între mai multe sisteme ale motorului. Relațiile (12), (12 *), (14), (15) arată că proprietățile fizice ale combustibililor neconvenționali, dintre care presiunea de vapori intervine cu ponderea cea mai mare, modifică sensibil condiția de optimizare (16), pusă la punct pentru un motor diesel alimentat cu motorină. Ca urmare, proiectarea trebuie să refacă egalitatea (16), la alimentarea cu combustibil neconvențional a unui motor deja optimizat pentru alimentarea cu motorină. Căile de acțiune, în linii esențiale, sînt definite de relațiile găsite anterior (unele dintre ele nu se evidențiază direct : de exemplu, modificarea stării termice a fluidului motor depinde cel puțin de raportul de comprimare și de temperatura pieselor din cilindru — capacitatea sistemului de răcire, natura materialelor — factori care nu apar explicit în relațiile amintite). Hotărîtor este să se reducă $\tilde{\lambda}_N$ sau să se mărească $\dot{\lambda}_N$. Probabil că prima cerință este mai accesibilă, deoarece se referă în primul rînd la modificări constructive în sistemul de injecție. Există răspîndită opinia că schimbarea calității combustibilului este pentru un motor o problemă strict tehnică, de practică, limitată numai la realizarea noilor sisteme de alimentare. Acesta este un punct de vedere empiric. După cum s-a văzut, el poate conduce la concluzii eronate pentru practică, în măsură să producă risipă de combustibil, atît neconvențional cît și convențional, cu implicații la fel de importante pentru mediul ambiant (se **evacuează** prin gazele de evacuare produse ale arderii incomplete sau hidrocarburi nearse), cît și pentru fiabilitatea motorului (se afectează calitatea uleiului). Progresul tehnic pretinde în primul rînd **optimizare**, calitate a unui produs care se obține subordonînd particularitățile constructive ale sistemelor, cerințelor de proces, cerințe care se evidențiază numai prin investigație științifică, teoretică, sistematică și de înaltă precizie.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Grünwald, B.* : Semnificația unei condiții empirice de optimizare a mișcării de rotație a gazelor din cilindrii unui motor diesel de autovehicul. SIM'87 I.P. București, 1987, Lucrarea 3.

[2] *Grünwald, B.* : Teoria, calculul și construcția motoarelor pentru autovehicule rutiere. Ed. Didactică și Pedagogică, București, 1980.

[3] *Grünwald, B.* : Despre conceptul de macromixtură la motoarele diesel cu cameră unitară, cu mișcare de rotație a fluidului motor. Construcția de Mașini, nr. 4, 1988.

[4] *Müller, E.* :Gemischbidung im Dieselmotor bei Kraftstoffwandanlagerung. Diessertation T.H. Darmstadt, 1976.

[5] *Grünwald, B., Apostolescu, N.* : On a Restrictive Condition of Fuel — Air Mixing for a M — Diesel Engine, Partly or Entirely Operating on Methanol. Rev. Roumaine Sc. Tech. Electrotehnique et Énergétique. Tome 32, 4, 1987.

[6] *Apostolescu, N., Grünwald, B.* : Compresion Ratio Influence on Gasoil Savings at the Truck Engine MAN — D 2156, Operating with Methanol Gasoil Emulsion at Low Loads (idem, lucr. 5).

[7] *Grünwald, B.* : Concerning the Theoretical Analysis of Air Swirl Motion in a Direct Injection Diesel Engine Cylinder CONAT Brașov, vol. 1, 1985.

CZ : 662.61 : 621.436

Despre conceptul de macromixtură la motoarele diesel cu cameră unitară, cu mișcare de rotație a fluidului motor

Prof. dr. ing. Berthold **GRÜNWALD** — Institutul Politehnic București

Este cunoscut că în motorul cu aprindere prin comprimare, procesul de formare a amestecului se desfășoară la două nivele distincte : la nivelul microscărilor, sub acțiunea difuziei turbulente și la nivelul macroscărilor, sub acțiunea mișcărilor dirijate, care alimentează cu aer jeturile de combustibil sau pelicula de combustibil depusă pe perete. Aceste particularități ale procesului de formare a amestecului sînt specifice motorului diesel care funcționează cu amestec neomogen aer-combustibil lichid.

Perfecționarea procesului de amestecare a aerului cu combustibilul la nivelul scărilor mari este un deziderat. Macromixtura prezintă mari constrîngeri în regimul nominal, în regimurile de sarcină plină și suprasarcină, în regimurile de accelerare. Controlînd mai bine macromixtura, cercetarea și proiectarea au redus coeficientul excesului de aer la limita de fum (λ_{LF}) cu 30—40 % în ultimele 2 ... 3 decenii satisfăcînd cerința generală de creștere a turației motoarelor diesel de autovehicule.

O problemă majoră de macromixtură a apărut în cercetările efectuate la Institutul Politehnic din București [1], pentru utilizarea emulsiilor motorină-metanol la motoarele diesel de autovehicul, cu cameră unitară de ardere. Pe parcurs, s-a dovedit că ea are o semnificație cu mult mai amplă pentru motorul diesel rapid de autovehicul, alimentat cu orice tip de combustibil. Ea ne-a obligat să reevaluăm conceptul tradițional de macromixtură realizată prin mișcarea de rotație a fluidului motor [1].

Considerînd jeturile de combustibil drept izvoare/surse locale de vapori, dispuse ordonat în ansamblul spațiului de ardere din cilindru, macromixtura se dezvoltă după cele trei direcții caracteristice (fig. 1 a) : direcția axială (axa Oa), direcția radială (Or), direcția tangențială (Ot). Distribuțiile axială și radială se obțin :

(1) prin orientarea jeturilor (fig. 1 b), definită, de exemplu, prin unghiul de deschidere ψ dintre jeturi, din planul longitudinal al cilindrului ;

(2) prin mișcarea radială, care se dezvoltă centripet și centrifug (fig. 1 c) definită printr-o viteză radială caracteristică (W_r).

[1]) Apostolescu, N., Grünwald B. ș.a. — Results Obtained by Applying an Original Method to use Methanol in Gasoil Emulsion, in a Diesel-M Truck Engine. CIMAC '87, Warsaw, Paper D-10.

Distribuția combustibilului în jurul axei cilindrului, în planul transversal, se realizează prin mișcarea de rotație a fluidului motor (fig. 1 d), caracterizată prin viteza unghiulară de rotație $\dot{\omega}$, denumită în continuare viteză unghiulară efectivă sau proiectată de rotație, deoarece este realizată prin forma și dimensiunile proiectate ale unor organe din sistemul de distribuție și ale camerei de ardere. Se obișnuiește să se raporteze viteza unghiulară $\dot{\omega}$ la viteza unghiulară de rotație a arborelui cotit ω. Raportul celor două mărimi se numește raport efectiv sau proiectat de vîrtej.

$$\dot{\lambda} = \frac{\dot{\omega}}{\omega} \qquad (1)$$

Se caută un răspuns la întrebarea : cum se definește valoarea optimă a vitezei unghiulare efective sau proiectate de rotație, $\dot{\omega}_{opt}$ sau a raportului efectiv sau proiectat de vîrtej $\dot{\lambda}_{opt}$?

Pentru simplificarea problemei, se admite că pe direcția axială și pe direcția radială amestecarea aerului cu combustibilul este ideală.

Se caracterizează distribuția combustibilului în planul transversal alegînd ca parametru variabil unghiul φ, măsurat față de o rază de referință r_o (fig. 2). Un element radial de fluid motor de volum ΔV, conține Δm_c kilograme combustibil și Δm_a kilograme aer. Coeficientul de dozaj al aerului în elementul ΔV este definit de relația :

$$\lambda_{\Delta\varphi} = \frac{\Delta m_a}{L_{min}\,\Delta m_c}, \qquad (2)$$

unde L_{min} este aerul minim necesar arderii complete. Trecînd la limită relația (2) se obține coeficientul unghiular de dozaj al aerului λ_φ într-un front radial de fluid motor, de grosime infinit mică, semiplanul longitudinal $OABO'$, care se rotește în jurul axei cilindrului, cu viteza unghilară $\dot{\omega}$ și a cărui poziție este definită de unghiul φ. Coeficientul unghiular de dozaj λ_φ definește distribuția combustibilului în jurul axei cilindrului sau distribuția unghiu-

lară a combustibilului. În figura 3 a se arată variația probabilă a lui λ_φ la finele procesului de amestecare, pentru un motor avînd un pulverizator cu un singur orificiu, cînd se realizează o distribuție optimă. Se notează cu $\bar{\lambda}_\varphi$ coeficientul unghiular mediu de dozaj. Dacă s-ar realiza o distribuție unghiulară ideală a combustibilului, atunci ar fi îndeplinită condiția $\lambda_\varphi = \bar{\lambda}_\varphi$ pe tot domeniul ($\varphi = 0° \ldots 360°$). Din cauza distribuției imperfecte a combustibilului $\bar{\lambda}_\varphi > 1$, astfel încît, la limită $\lambda_\varphi = 1$, condiție realizabilă numai pe un sector $\Delta\varphi$. Condiția $\lambda_\varphi > 1$ trebuie prevenită, deoarece produce ardere incompletă. În ipoteza admisă-amestecare perfectă pe direcția axială și radială — se obține $\bar{\lambda}_\varphi = \lambda$, unde λ este coeficentul mediu de dozaj pe cilindru. Cu cît intervalul $\Delta\varphi$ e mai mare,cu atît distribuția unghiulară este mai uniformă și $\bar{\lambda}$ (sau λ_φ) poate fi redus, ceea ce reprezintă un deziderat pentru motorul cu aprindere prin comprimare.

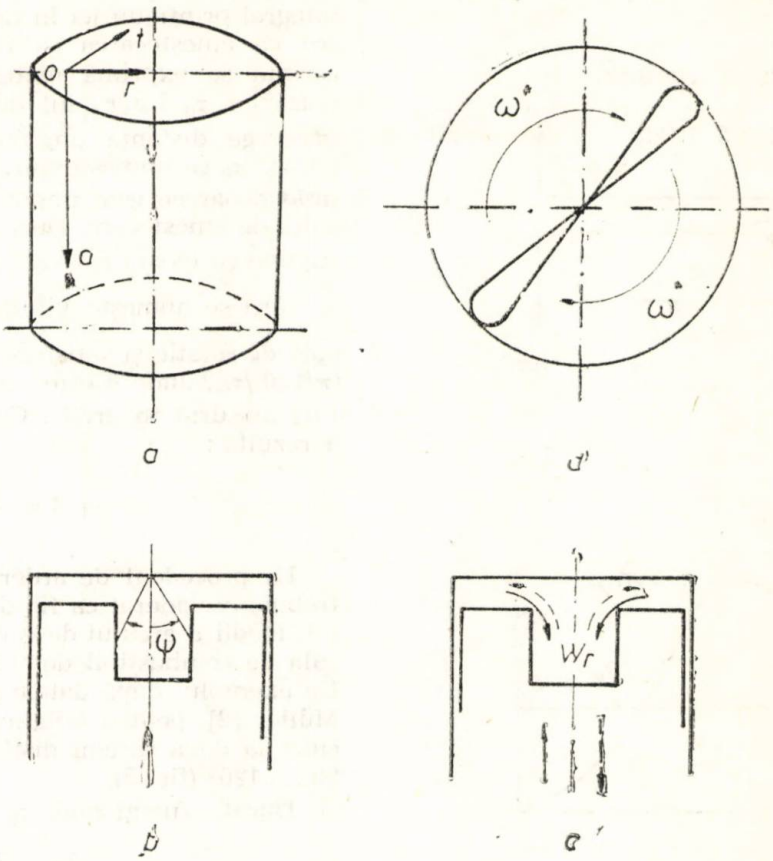


Fig. 1 Tipuri de mișcare a fluidului motor.

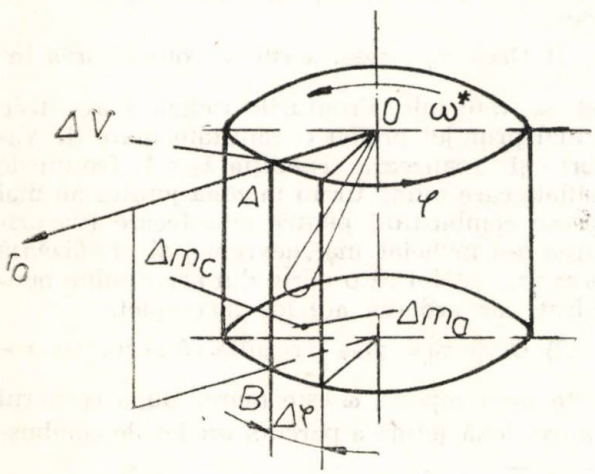


Fig. 2 Schemă pentru definirea coeficientului de dozaj într-un element radial de volum V.

Distribuția inegală a combustibilului în jurul axei cilindrului este rezultatul particularităților procesului de vaporizare și anume desfășurarea acestuia cu viteză de vaporizare variabilă $\dot{m}_v$ (kg/s) (fig. 3 b). Cînd un front radial de fluid motor trece printr-un jet de combustibil care se vaporizează, preia o masă de vapori proporțională cu $\dot{m}_v$ .Fronturile radiale, care atacă jetul la începutul și la sfîrșitul procesului de vaporizare, preiau o masă de vapori redusă și vor avea o valoare λ_φ ridicată. Dacă vaporizarea s-ar produce cu o viteză constantă, egală cu viteza medie de vaporizare $\bar{\dot{m}}_v$, atunci distribuția unghiulară a combustibilului ar fi uniformă.

Se consideră inițial că vaporizarea combustibilului decurge cu o viteză constantă, iar jetul de combustibil reprezintă o sursă de vapori de lățime egală cu unghiul de dispersie a jetului δ

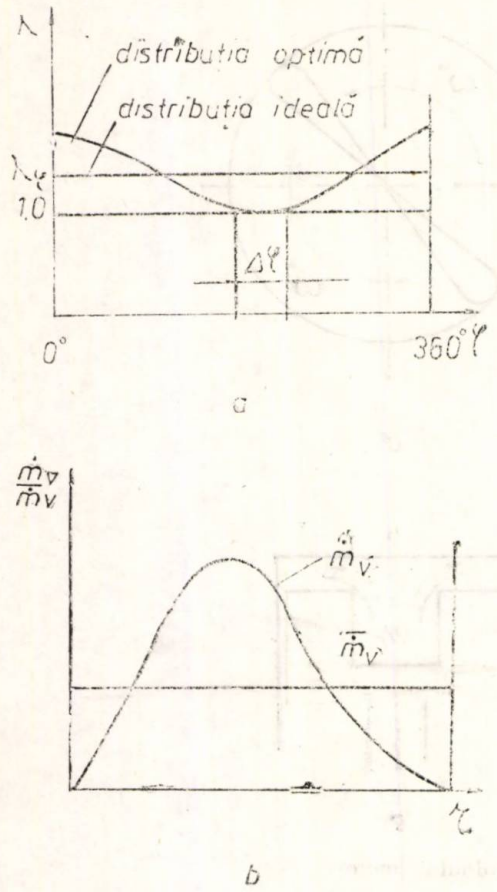


Fig. 3 Distribuția unghiulară a coeficientului de dozaj (a) și a vitezei de vaporizare (b).

(fig. 4). Fiecare front radial traversează jetul în timpul τ_δ și preia vaporii formați [2]). Dacă în

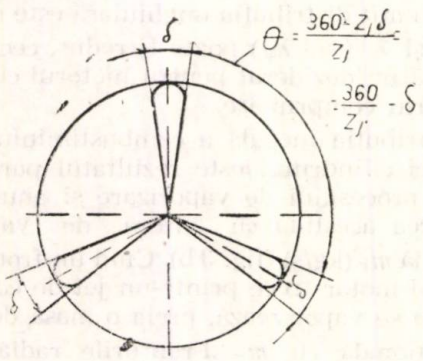


Fig. 4 Schema pentru definirea spațiului unghiular parcurs de aerul dintre jeturile de combustibil.

[2]) Pentru o mișcare de rotație cu viteza unghiulară curentă de 2000 rad/s și pentru o valoare curentă $\delta = 22°$, rezultă $\tau_\delta = 22° \ (\pi/180) \ /2000 = 0{,}19 \ . \ 10^{-3}$ s, ceea ce pentru un motor cu turația nominală de 2 500 rot/min. dă o durată $\Delta\alpha_\delta = 6 \ . \ 2\,500 \ . \ 0{,}19 \ . \ 10^{-3} = 2{,}85°$RA, adică 5 . . . 10 % din durata de vaporizare.

cilindru sînt z_j jeturi sau surse de vapori, dispuse concentric și uniform în planul transversal al cilindrului, cum se arată în figura 4, atunci aerul dintre două jeturi trebuie să treacă integral printr-un jet în timpul vaporizării pentru ca amestecarea să fie completă. Această cerință se exprimă matematic astfel. Se notează cu τ_θ intervalul de timp în care aerul parcurge distanța unghiulară θ dintre două jeturi. τ_θ se numește durata funcțională de rotație deoarece este impusă de cerințele procesului de amestecare. Durata funcțională τ_θ presupune că există o viteză unghiulară de rotație $\tilde{\omega}$ care se numește viteza unghiulară funcțională de rotație și satisface condiția $\tilde{\omega} = (\theta + \delta)(\pi/180)/\tau_\theta$, unde θ este unghiul dintre două jeturi măsurat în grade. Cu notațiile din figura 4 rezultă :

$$\theta + \delta = \frac{360}{z_j} \tag{3}$$

La procedeul de ardere „M", unghiul δ trebuie considerat ca fiind corespunzător lungimii medii a arcului de cerc care limitează pelicula de combustibil depusă pe cupa pistonului. De exemplu, după datele experimentale ale lui Müller [2], pentru etilglicol, dimensiunile peliculei la două sarcini distincte [3]) indică $\delta_{mediu} = 90 \ldots 120°$ (fig. 5).

Durata funcțională τ_θ devine :

$$\tau_\theta = \frac{1}{180} \cdot \frac{360}{z_j} \cdot \frac{1}{\tilde{\omega}} . \tag{4}$$

Dacă se notează cu τ_{vap} durata de vaporizare a jetului, atunci potrivit raționamentului, egalitatea:

$$\tau_\theta = \tau_{vap} \tag{5*}$$

reprezintă o condiție de optimizare a lui $\tilde{\omega}$. În adevăr :

1) Dacă $\tau_\theta > \tau_{vap}$, aerul se rotește prea încet, $\tilde{\omega}$ este mic. Fronturile radiale care trec inițial prin jet preiau o cantitate mare de vapori și realizează condiția $\lambda_\varphi < 1$; fronturile radiale care ajung tîrziu în zona jetului nu mai găsesc combustibil pentru amestecare (vaporizarea s-a încheiat mai devreme) și realizează $\lambda_\varphi = \infty$, astfel că o parte din aer rămîne neutilizat, iar arderea are loc incomplet.

2) Dacă $\tau_\theta < \tau_{vap}$, rezultă că aerul se rotește prea repede, $\tilde{\omega}$ este mare. După ce aerul dintre două jeturi a parcurs un jet de combus-

[3]) In figura 5, p_e este presiunea medie efectivă, t_{cp} — temperatura suprafeței din cupa pistonului ; n — turația motorului ; ß — avansul la declanșarea injecției.

tibil, sursa locală de vaporizare persistă. Fronturile radiale care au trecut prin jet au preluat numai o parte din combustibil, iar pentru ele $\lambda_\varphi \gg 1$. Cînd parcurg jetul următor, preiau în continuare combustibil de la sursa din aval, care este încă activă. Procesul poate fi condus convenabil (aerul poate să treacă peste două sau chiar trei jeturi), astfel încît în final să se asigure o distribuţie radială satisfăcătoare a combustibilului.

Totuşi o valoare mare a vitezei unghiulare $\tilde{\omega}$ este obiecţionabilă cel puţin din două motive :

a) ea se generează cu un consum relativ mare de energie;

b) ea intensifică pierderea de căldură de la fluidul motor la perete.

Ambele împrejurări reduc randamentul indicat al motorului. Se conchide atunci că condiţia (5*) exprimă o condiţie de optimizare.

Se explicitează mărimea τ_{vap} în funcţie de durata de vaporizare $\Delta\alpha_{vap}$, măsurată în grade de rotaţie a arborelui cotit, pe bază relaţiei cunoscute $\tau_{vap} = \Delta\alpha_{vap}/6n = (\pi/18)\cdot(\Delta\alpha_{vap}/\omega)$. Se substituie τ_{vap} în relaţia (5*) odată cu τ_θ din (4) şi se obţine $\tilde{\omega} = \omega(360/z_j)/\Delta\alpha_{vap}$. Se raportează viteza unghiulară funcţională la viteza unghiulară a raborelui cotit şi rezultă :

$$\tilde{\lambda} = \frac{\tilde{\omega}}{\omega} = \frac{360}{z_j}\cdot\frac{1}{\Delta\alpha_{vap}} \qquad (6^*)$$

unde $\tilde{\lambda}$ a fost numit raport funcţional de vîrtej pentru că defineşte intensitatea relativă a mişcării de rotaţie în raport cu cerinţele procesului de amestecare.

Anterior s-a presupus că $\dot{m}_v = \text{ct}$. În realitate, $\dot{m}_v = \text{var}$. (fig. 3) şi se impune corectarea relaţiei (6*). Condiţia $\dot{m}_v = \text{ct}$ sau egalitatea (5*) pretinde că aerul să treacă o singură dată prin jet. Dacă $\dot{m}_v = \text{var}$, fronturile radiale din vecinătatea jeturilor trebuie să treacă de mai

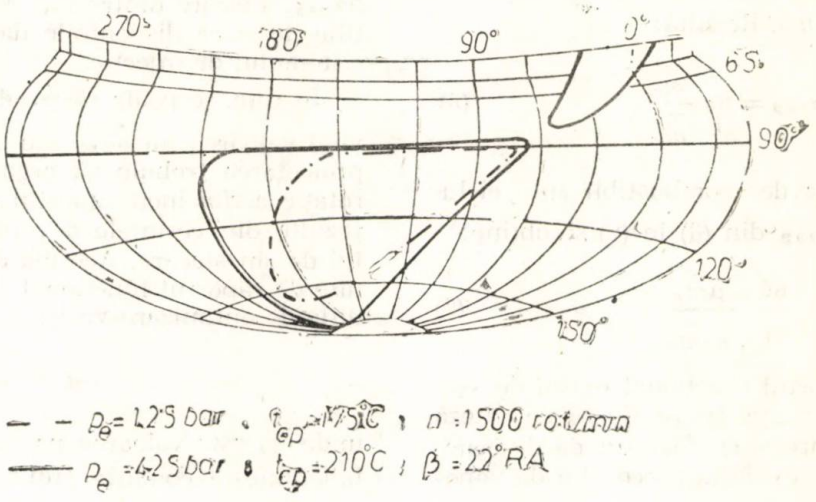


Fig. 5 Forma şi dimensiunile peliculei de combustibil depusă pe cupa din piston, la procedeul de ardere „M".

multe ori prin jet, deoarece intensitatea vaporizării, la începutul şi la sfîrşitul procesului este redusă. Aceasta presupune că $\tau_\theta < \tau_{vap}$ sau :

$$\tau_\theta = \tau_{vap}/\mu \qquad (5)$$

unde $\mu > 1$ este un factor de divizare a duratei de vaporizare.

Se obţine o informaţie despre valoarea lui μ considerînd pentru simplitate că viteza de vaporizare variază liniar şi este de forma unui triunghi isoscel, în raport cu τ (fig. 6, a). Se consideră că $\tau_\theta = (1/2)\tau_{vap}$. După prima trecere a aerului dintre jeturi prin jetul curent, coeficentul de dozaj λ_φ variază liniar, valorile mai mari realizîndu-se în fronturile radiale iniţiale (fig 6 b); după a doua trecere — prin jetul următor — ar rezulta variaţia din figura 6, c dacă amestecarea ar avea loc independent de prima trecere. După a doua trecere se obţine un efect rezultant (fig. 6, d), care apropie variaţia lui λ_φ de aceea indicată în figura 3. Rezultă că în acest caz simplificat, se obţine $\mu = 2$. În cazurile reale forma curbei $\dot{m}_v$ se poate aproxima cu un triunghi isoscel şi se deduce că $\mu \simeq 2$. Cu corecţia dată de μ, raportul funcţional de vîrtej din relaţia (6*) devine:

$$\tilde{\lambda} = \frac{360}{z_j}\cdot\frac{\mu}{\Delta\alpha_{vap}} \qquad (6)$$

Durata de vaporizare se determină pe baza vitezei de vaporizare $\dot{m}_v = dm/d\tau$ adică

$$\tau_{vap} = \int_0^{\tau_{vap}} \frac{1}{\dot{m}_v} dm = \frac{\Delta\alpha_{vap}}{6n} \qquad (7)$$

Se calculează integrala într-un caz simplificat, considerînd că viteza de vaporizare are o valoarea medie $\bar{\dot{m}}_v$. Rezultă:

$$\Delta\alpha_{vap} = 6n \frac{\tilde{m}_c}{\bar{\dot{m}}_v} \qquad (8)$$

unde $\tilde{m}_c$ este doza de combustibil pe ciclu. Substituind pe $\Delta\alpha_{vap}$ din (8) în (6) se obține:

$$\tilde{\lambda} = \frac{60}{z_j} \cdot \frac{\mu \bar{\dot{m}}_v}{n \cdot \tilde{m}_c}, \qquad (9)$$

care arată că raportul funcțional optim de vîrtej este, pe de o parte, proporțional cu viteza medie de vaporizare și cu factorul de divizare, care ține seama de evoluția procesului de vaporizare în timp, iar pe de altă parte variază în sens opus cu creșterea numărului jeturilor de combustibil pe ciclu, cu unghiul de dispersie a jetului și cu turația motorului. În mod analog se interpretează relația (6) din care se deduce că pentru $\mu = ct$, există o dublă infinitate de valori optime pentru $\tilde{\lambda}$, în raport cu z_j și $\Delta\alpha_{vap}$. Fiecare dintre ele este decisă de condițiile de stare disponibile dar și de rezervele sistemului de injecție.

În fine, se poate răspunde la întrebarea privind valoarea lui $\dot{\omega}_{opt}$ sau $\dot{\lambda}_{opt}$. Se înțelege că proiectarea trebuie să organizeze mișcarea de rotație astfel încît raportul efectiv de vîrtej să rezulte din cerințele de optimizare a procesului de amestecare, Acestea din urmă fiind definite de raportul funcțional optim de vîrtej, condiția de optimizare va fi:

$$\dot{\lambda}_{opt} = \tilde{\lambda}_o \qquad (10)$$

unde $\tilde{\lambda}_o$ este valoarea particulară a lui $\tilde{\lambda}$ care îndeplinește condiția (10). Condiția (10) se

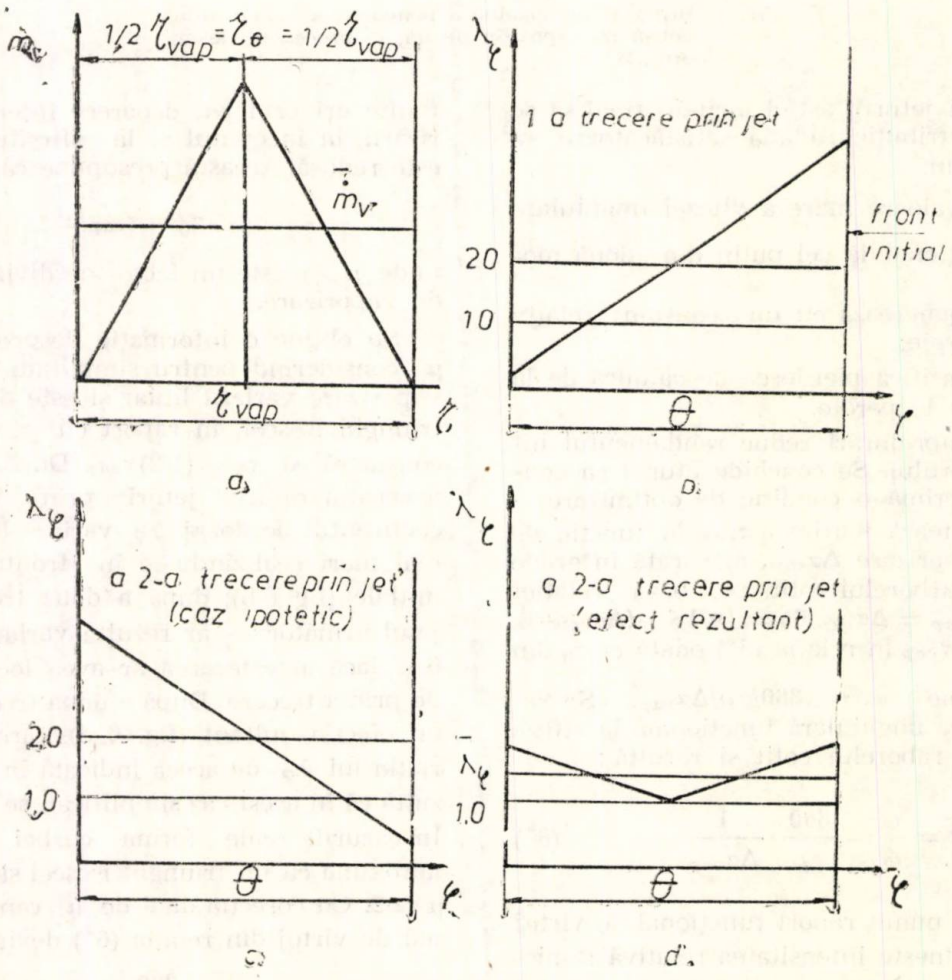


Fig. 6 Distribuția unghiulară a vitezei de vaporizare (a) și a coeficientului de dozaj (b, c, d).

ilustrează în figura 7, a care reprezintă variația lui $\dot{\lambda}$ cu viteza ungiulară efectivă de vîrtej $\dot{\omega}$($\tilde{\lambda}_o$ este independent de $\dot{\omega}$) și variația randamentului indicat η_i. Pentru $\dot{\omega} < \dot{\omega}_{opt}$ rezultă $\dot{\lambda} < \tilde{\lambda}_o$, adică mișcarea de rotație este insuficient de intensă, o parte din fronturile radiale primesc combustibil insuficient sau deloc — arderea este incompletă iar η_i scade.

accesibilă pentru sistemul de admisiune și pentru arhitectura cupei din piston, deoarece o mișcare de intensitate mai redusă ($\dot{\omega}_1$) se organizează mai simplu cu pierderi mai mici. Ea presupune însă un $\tilde{\lambda}_{01}$ mic, ceea ce se obține fie mărind pe z_j, condiție restrictivă sub aspect tehnologic sau de exploatare, fie mărind pe $\Delta\alpha_{vap}$, condiție restrictivă sub aspect termodinamic, deoarece presupune mărirea duratei de

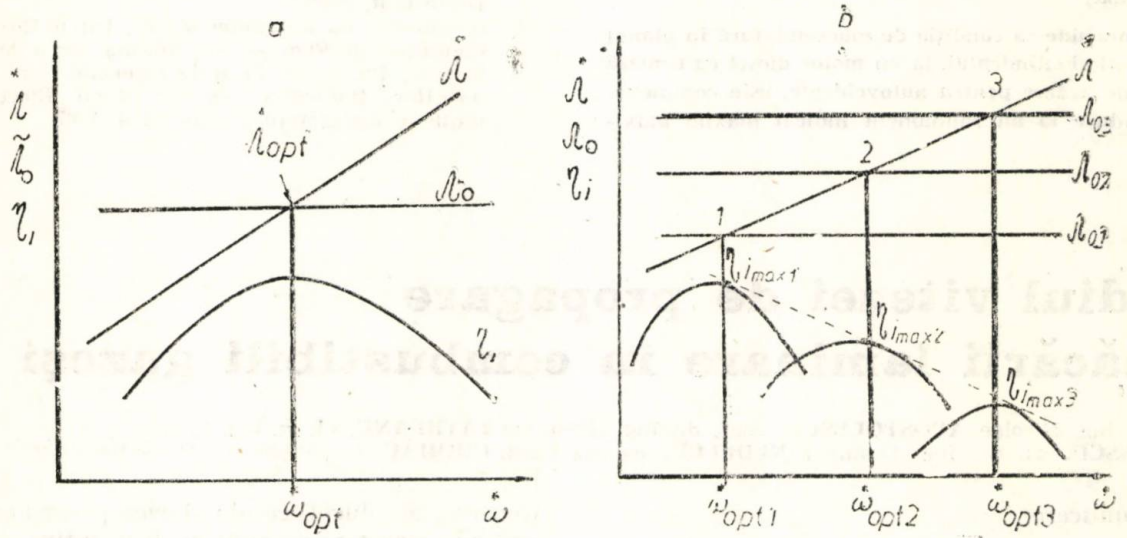


Fig. 7 Condiția de optimizare a mișcării de vîrtej (a) și determinarea randamentului indicat maxim maximorum.

Pentru $\dot{\omega} > \dot{\omega}_{opt}$ rezultă că $\dot{\lambda} > \tilde{\lambda}_o$, adică mișcarea efectivă de rotație este prea intensă. În anumite limite, distribuția unghiulară a aerului este încă acceptabilă, însă randamentul indicat η_i se micșorează, deoarece cresc pierderile de căldură prin pereți și consumul de energie pentru generarea mișcării de rotație. Pentru $\tilde{\omega} = \dot{\omega}_{opt}$ rezultă valoarea maximă a randamentului, $\eta_{i\,max}$.

În relația (6), $\tilde{\lambda}$ reprezintă raportul funcțional optim de vîrtej, ca o condiție de optimizare a macromixturii în planul transversal al cilindrului. Condiția (6) are însă o semnificatie mai bogată decît cea referitoare la macromixtură. Ea înroporează restricții tehnologice și termodinamice (de randament). Pentru controlul lui $\eta_{i\,max}$, proiectarea trebuie să facă față la constrîngeri suplimentare deoarece condiția $\tilde{\lambda}_o = \dot{\lambda}_{opt}$ se poate impune pentru diverse valori ale lui $\dot{\lambda}_{opt}$ (fig. 7). Valoarea maximă a randamentului indicat tinde să scadă cu creșterea lui $\dot{\omega}_{opt}$, deoarece condiția de optimizare pretinde o mișcare de rotație mai intensă, cu implicațiile arătate. Soluția $\dot{\lambda}_{opt} = \tilde{\lambda}_{01}$ este mai ardere. Soluția $\dot{\lambda}_{opt} = \tilde{\lambda}_{03}$ se află în opoziție. Faptul că există mai multe valori ale lui $\eta_{i\,max}$ arată că există un randament indicat maxim maximorum, care reprezintă cea mai mare valoare a randamentului indicat determinată de condiția de macromixtură (10).

S-a obținut o confirmare parțială a raționamentelor dezvoltate, atunci cînd s-a încercat o determinare a valorii lui μ [3].

Pe baza relațiilor (6) și (10) se deduce expresia coeficientului

$$\mu = \frac{\dot{\lambda} \cdot \Delta\alpha_{vap}}{360/z_j} \qquad (12)$$

A fost calculată valoarea lui μ pentru două motoare de fabricație românească. Pentru motorul MAN D 2156, prevăzut cu procedeul de ardere „M", cu datele din lucrarea [4], în care $\dot{\lambda} = 14{,}6$ iar $\Delta\alpha_{vap} = 46°$RA se obține $\mu = 14{,}6 \cdot 46/360 = 1{,}86$. Calculele efectuate pentru motorul D-127 (cameră de ardere unitară, injecție clasică de combustibil printr-un pulverizator cu trei orificii la n=3200 rot./min^{-1}), indică $\mu = 8{,}4.29/360/3 = 2{,}03$. În ambele cazuri, valoarea calculată se apropie de aceea stabilită

pe bază de raționament, dar nu trebuie uitate toate simplificările adoptate. Astfel $\mu = 2$ reprezintă o valoare de referință, care decide punctul de plecare în încercările de stand, de punere la punct a procedeului de ardere. Din cauza asimetriei curbei de vaporizare $\mu > 2$. O valoare a lui μ sensibil diferită de 2 se poate interpreta și ca rezultat al unui proces de amestecare condus nesatisfăcător (o mișcare efectivă de rotație prea intensă sau insuficent de intensă).

Se conchide că condiția de macromixtură în planul transversal al cilindrului, la un motor diesel cu cameră unitară de ardere pentru autovehicule, este complexă, care conduce la un randament indicat maxim maximorum și pe care proiectarea și cercetarea trebuie să-l prospecteze. El poate fi realizat prin acordarea sistemelor de admisie, injecție și ardere, în concordanță cu cerințele impuse de relațiile (6)/(9) și (10).

BIBLIOGRAFIE

[1] *Grünwald, B.*: Despre conceptul de formare a amestecului la motoarele diesel cu cameră unitară cu mișcare de rotație a fluidului. INMT — V-a

[2] *Müller, E.*: Gemischbildung im Dieselmotor bei Kraftstoffwandanlagerung. Dissertation. T.H. Darmstadt, 1976.

[3] *Grünwald, B., Apostolescu, N.*: On a Restrictive Condition of Fuel — Air Mixing for a M-Diesel Engine, Partly or Entirely Operating on Methanol. Rev. Roumanie des Sc. Tech. Électrotechnique et Énergetique. Tome 32, 4, 1987.

CZ : 662.61

Studiul vitezei de propagare a flăcării laminare în combustibili gazoși

Prof. dr. ing. Nicolae **APOSTOLESCU**, conf. dr. ing. Gheorghe **ZĂTREANU**, ș.l. dr. ing. Nicolae **NEGURESCU**, ș.l. dr. ing. Dumitru **NEDELCU**, as. ing. Radu **CHIRIAC** — Institutul Politehnic București

Introducere

Bomba experimentală constituie un mijloc clasic de cercetare a autoaprinderii combustibililor și a propagării flăcării, cu care au fost obținute, în decursul timpului, rezultate esențiale pentru dezvoltarea teoriei arderii. În ultimul deceniu, cercetările în bombe experimentale au fost impulsionate în special în legătură cu preocuparea pentru promovarea combustibililor neconvenționali pentru motoare, cu proprietăți ale arderii încă insuficient cunoscute, dar care se deosebesc eventual considerabil de ale combustibililor clasici.

În această sferă de preocupări, autorii și-au propus să dezvolte o tehnică de cercetare experimentală a vitezei laminare a flăcării, necesară în studiul unor combustibili neconvenționali pentru motoare, în primul rînd amestecuri de hidrocarburi gazoase cu hidrogen și/sau vapori de benzină. În cele ce urmează se prezintă, pe scurt, instalația experimentală concepută, modelul de calcul dezvoltat pentru determinarea vitezei laminare și cîteva rezultate obținute.

Instalația experimentală și tehnica de lucru

Elementul esențial al instalației (fig. 1) îl constituie celula (bomba) experimentală **CE**, de formă cilindrică, cu volumul de 1 litru. Celula este construită din oțel înalt aliat, cu penetrabilitate redusă față de hidrogen, și rezistentă pînă la presiuni de ordinul a 150 bari. Cu toate că se folosesc, de obicei, celule sferice pentru studiul arderii, cercetări recente au fost extinse și pe bombe cilindrice.

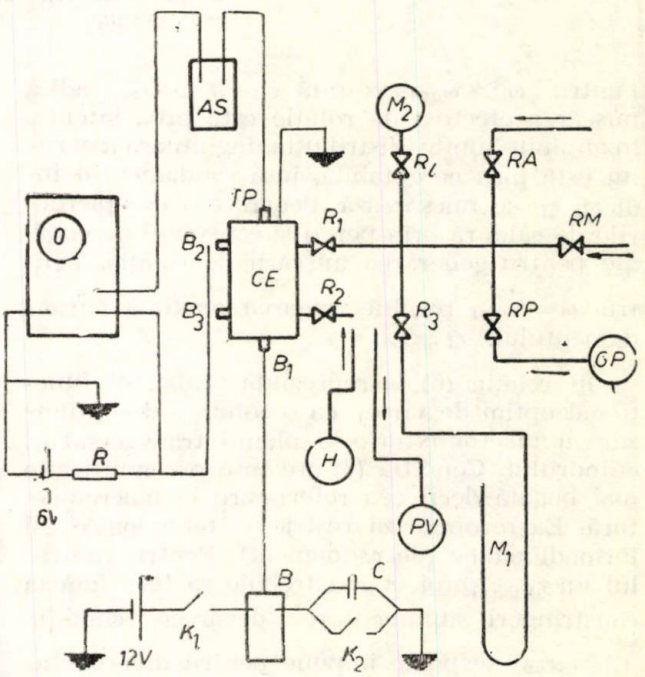


Fig. 1 Schema instalației experimentale.

Prin robinetele $\mathbf{R_1}$ și $\mathbf{R_2}$ se efectuează alternativ umplerea și golirea celulei. În funcție de programul cercetării, pe traseul controlat de robinetul $\mathbf{R_1}$ se introduce în celulă aer comprimat, la presiunea p_A, gaz metan la presiunea p_M (am-

bele de la rețea) sau gaz petrolier lichefiat în butelia **GP** la presiunea p_P, accesul fiind asigurat de robinetele **RA**, **RM** și respectiv **RP**. Pentru măsurarea presiunii sînt prevăzute manometrul diferențial cu mercur $\mathbf{M}_1$ și manometrul cu tub Bourdon $\mathbf{M}_2$, cuplate prin robinetele $\mathbf{R}_3$ și respectiv $\mathbf{R}_4$. De la robinetul $\mathbf{R}_2$, celula poate fi pusă în legătură fie cu atmosfera, fie cu pompa de vid **PV**, fie cu rezervorul **H** de hidrogen, care reprezintă combustibilul de adaos, introdus la presiunea p_H.

Pentru a amorsa arderea amestecului format în celulă, se poate utiliza bujia de aprindere $\mathbf{B}_1$, din componența instalației electrice care mai cuprinde o baterie de acumulatori de 12 V, bobina de inducție **B**, întrerupătorul general $\mathbf{K}_1$, condensatorul **C** și contactul platinat $\mathbf{K}_2$. În același scop, celula este echipată cu două bujii de ionizare $\mathbf{B}_2$ și $\mathbf{B}_3$, alimentate prin intermediul rezistenței **R** de o baterie de acumulatori de 6 V.

Pentru a urmări variația presiunii din timpul arderii, celula este dotată cu traductorul de presiune **TP**, al cărui semnal este transmis prin amplificatorul de sarcină **AS**, la unul din canalele osciloscopului **O**. Pe al doilea canal al acestuia este introdus semnalul bujiilor de ionizare.

Instalația astfel concepută și realizată permite efectuarea unui studiu comparativ al influenței exercitate asupra diagramei de presiune și, implicit, asupra vitezelor de ardere și de propagare a flăcării, de compoziția amestecului combustibil din celulă, precum și de modul și locul de amorsare a arderii (cu bujie de aprindere, plasată central la baza celulei, sau cu sursă caldă, dispusă lateral, la un alt nivel).

În vederea experimentării, celula este golită pînă la o presiune de circa 10 mm Hg, cu ajutorul pompei de vid, ceea ce necesită stabilirea legăturii **CE—PV** prin robinetul $\mathbf{R}_2$, deschiderea robinetelor $\mathbf{R}_1$ și $\mathbf{R}_3$ și închiderea celorlalte robinete. Se trece apoi la umplerea celulei cu gaze, corespunzător formării unui amestec bicomponent. De exemplu, dacă cercetarea se referă la amestecul hidrogen-gaz petrolier, se efectuează următoarele operații: se comută robinetul $\mathbf{R}_2$ în poziția ce asigură comunicația celulei cu rezervorul H și se mențin toate celelalte robinete în pozițiile precedente; după ce se introduce astfel o anumită cantitate de hidrogen în celulă, se închide robinetul $\mathbf{R}_2$, sistînd accesul hidrogenului în celulă, și se deschide robinetul **RP**, ceea ce determină admisia gazului petrolier ; cînd este atinsă cantitatea necesară de gaz petrolier, se închide robinetul **RP** și, comutînd robinetul $\mathbf{R}_2$ în poziția de legătură cu exteriorul, se realizează egalitatea între presiunea amestecului din celulă și presiunea atmosferică ; se închid robinetele $\mathbf{R}_2$ și $\mathbf{R}_3$, se deschide robinetul $\mathbf{R}_4$, iar prin robinetul **RA** se introduce în celulă aer comprimat pînă la obținerea presiunii inițiale a amestecului preconizat ; se izolează celula față de exterior, prin închiderea robinetelor $\mathbf{R}_1$, $\mathbf{R}_4$ și **RA**.

Aprinderea amestecului format în modul arătat se produce ca efect al închiderii contactului $\mathbf{K}_1$, ceea ce asigură alimentarea bobinei **B**, și al descărcării acesteia pe bujia $\mathbf{B}_1$, prin intermediul contactului $\mathbf{K}_2$ și al condensatorului **C**. Gazele rezultate din ardere sînt evacuate în exterior prin robinetul $\mathbf{R}_2$. În continuare, se deschid robinetele $\mathbf{R}_1$ și **RA**, astfel ca un curent de aer comprimat să îndepărteze din celulă eventualele urme de vapori de apă.

Modelul de calcul al vitezei de propagare a flăcării laminare

Modelul bizonal elaborat pentru calculul vitezei de ardere laminară reprezintă o adaptare a modelului bizonal Mattavi, combinat cu modelul clasic von Elbe, la condițiile specifice ale experiențelor desfășurate în celula cilindrică descrisă anterior.

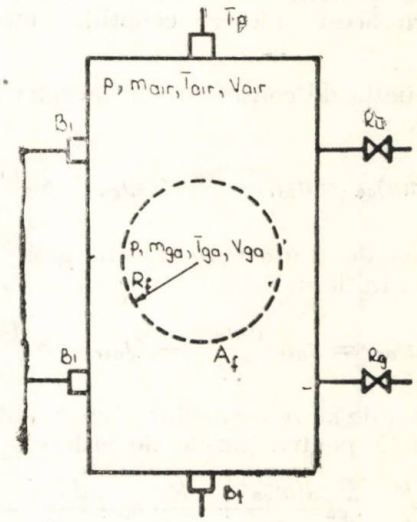


Fig. 2 Modelul de propagare a flăcării laminare.

Schema modelului de propagare a flăcării este arătată în figura 2 ; astfel, pentru o poziție instantanee frontul flăcării (sferă de rază R_f și arie A_f) împarte celula în două volume V_{air} amestec inițial rămas și V_{ga} gaze arse corespunzător, două mase aflate la două temperaturi în condițiile aceleiași presiuni **p**. La fiecare moment de timp este corelată deci presiunea cu cantitatea și volumul de gaze arse, respectiv de amestec inițial permițînd în acest fel calculul vitezei de ardere precum și distribuția de temperatură la fiecare stadiu al procesului.

Ipotezele simpificatoare adoptate sînt următoarele :

— se consideră că flacăra se propagă izotropic, sub forma unor unde sferice concentrice ;

— frontul de flacără este infinit subțire ;

— în timpul procesului de ardere, căldura este transferată de la fiecare zonă contururilor ei ;

— nu se transferă căldură de-a lungul frontului de flacără ;

— pierderea instantanee de căldură în fiecare zonă este produsul dintre valorile medii ale unui coeficient de transfer de căldură, aria peretelui udat și diferența de temperatură dintre gaz și perete ;

— proprietățile termo-dinamice în zonele amestecului inițial și gazelor arse depind de compoziție și temperatură, fiind calculate valorile lor medii ;

— presiunea și derivata presiunii se obțin experimental cu interpolare spline finală ;

— aria forntului de flacără, raza frontului și aria pereților udați sînt obținute analitic, luînd în considerare intersecția dintre o sferă și un cilindru ;

— coeficientul chimic de variație molară se consideră constant și este calculat la început.

Pentru aceste ipoteze ecuațiile modelului sînt :

— ecuația de conservare a energiei gazelor de ardere :

$$\frac{d}{dt}(mu)_{ga} = h_{air}\frac{dm_{ga}}{dt} - \dot{Q}_{ga} - p\frac{dV_{ga}}{dt} \quad (1)$$

— ecuația de conservare a energiei pentru amestecul inițial :

$$\frac{d}{dt}(mu)_{air} = h_{air}\frac{dm_{air}}{dt} - \dot{Q}_{air} - p\frac{dV_{air}}{dt} \quad (2)$$

— ecuația de stare a gazului perfect, sub formă diferențială pentru gazele de ardere :

$$\frac{R}{M_{ga}}T_{ga}\frac{dm_{ga}}{dt} + \frac{R}{M_{ga}}m_{ga}\frac{dT_{ga}}{dt} - p\frac{dV_{ga}}{dt} = V_{ga}\frac{dp}{dt} \quad (3)$$

— ecuația de stare a gazului perfect, sub formă diferențială pentru amestecul inițial :

$$\frac{R}{M_{air}}T_{air}\frac{dm_{air}}{dt} + \frac{R}{M_{air}}m_{air}\frac{dT_{air}}{dt} - p\frac{dV_{air}}{dt} = V_{air}\frac{dp}{dt} \quad (4)$$

— ecuația de conservare a masei totale :

$$\frac{dm_{ga}}{dt} = -\frac{dm_{air}}{dt} \quad (5)$$

— ecuația de conservare a volumului total :

$$\frac{dV_{ga}}{dt} = -\frac{dV_{air}}{dt} \quad (6)$$

— viteza laminară de ardere :

$$w_l = \left(\frac{dm_{ga}}{dt}\right) \Big/ (A_f \cdot \rho_{air}) \quad (7)$$

— viteza de propagare a frontului de flacără :

$$w_f = \frac{dR_f}{dt} \quad (8)$$

Explicitînd energiile interne pentru amestecul inițial și gazele arse, precum și entalpia amestecuui inițial și rezolvînd sistemul format din primele șase ecuații, ca sistem algebric, se poate pune sistemul de ecuații diferențiale, sub forma necesară pentru a fi integrat, adică :

$$\left.\begin{aligned}
&\frac{dm_{ga}}{dt} = f_1\left(m_{ga},\ T_{ga},\ V_{ga},\ m_{air},\ T_{air},\ V_{air},\ \dot{Q}_{ga},\ \dot{Q}_{air},\ p,\ \frac{dp}{dt}\right)\\
&\frac{dT_{ga}}{dt} = f_2\left(m_{ga},\ T_{ga},\ V_{ga},\ m_{air},\ T_{air},\ V_{air},\ \dot{Q}_{ga},\ \dot{Q}_{air},\ p,\ \frac{dp}{dt}\right)\\
&\frac{dV_{ga}}{dt} = f_3\left(m_{ga},\ T_{ga},\ V_{ga},\ m_{air},\ T_{air},\ V_{air},\ \dot{Q}_{ga},\ \dot{Q}_{air},\ p,\ \frac{dp}{dt}\right)\\
&\frac{dm_{air}}{dt} = -\frac{dm_{ga}}{dt} = -f_1\\
&\frac{dT_{air}}{dt} = f_4\left(m_{ga},\ T_{ga},\ V_{ga},\ m_{air},\ T_{air},\ V_{air},\ \dot{Q}_{ga},\ \dot{Q}_{air},\ p,\ \frac{dp}{dt}\right)\\
&\frac{dV_{air}}{dt} = -\frac{dV_{ga}}{dt} = -f_3
\end{aligned}\right\} \quad (9)$$

Intregrarea numerică a sistemului completat cu relațiile de calcul al vitezei de ardere laminară și vitezei de propagare a frontului de flacără s-a efectuat cu ajutorul subrutinei RKGS, cu pas constant între momentul inițial și punctul de maxim al diagramei de presiune. Programul este astfel conceput încît permite calculul pas cu pas al necunoscutelor în diverse situații ; cînd declanșarea scînteii se produce la baza sau în centrul bombei, cînd se ia sau nu se ia în considerare transferul de căldură, cînd se utilizează amestecuri compuse din mai multe gaze combustibile. Ca date inițiale sînt furnizate : diagrama de presiune într-un număr finit de puncte, parametrii de stare inițiali ai amestecului combustibil, valoarea primului pas de

integrare, valoarea comutatorului privind modul de aprindere (determinarea poziției scînteii electrice), raportul volumetric dintre combustibil și aer în amestecul inițial.

Diagrama de presiune este introdusă sub forma unei matrice coloană din 11 linii, deci cu 9 valori intermediare, între presiunea inițială și cea maximă atinsă în timpul procesului. Primul pas este calculat cu ajutorul modelului von Elbe, deoarece funcția f_2 (m_{ga}, T_{ga}, V_{ga} ...) explicitată este de forma:

$$f_2 = \frac{1}{m_{ga}}\, g\left(m_{ga},\ T_{ga},\ V_{ga},\ m_{air},\ T_{air},\ V_{air},\ \dot{Q}_{ga},\ \dot{Q}_{air},\ p,\ \frac{dp}{dt}\right)$$

și, după cum se observă, conține la numitor masa de gaze arse rezultate pe timpul unui pas de integrare, a cărei valoare inițială este diferită de zero.

Valorile necunoscutelor pentru primul pas se calculează astfel :

— se precizează ca dată de intrare, valoarea primului pas de calcul, spre exemplu egală cu jumătate din pasul de integrare, și se determină prin interpolare spline, valoarea corespunzătoare a presiunii din diagrama de presiune p^* ;

— se calculează apoi creșterea relativă n a presiunii, de la valoarea inițială p_i la valoarea p^*, cu relația :

$$n = (p^* - p_i)/(p_{max} - p_i)$$

unde p_{max} este valoarea maximă a presiunii;

— se calculează masa de gaze rezultată în acest prim pas, presupunînd că fracțiunea de gaz arsă este egală cu creșterea relativă a presiunii : $m_{ga} = n\ m_{airs}$ unde m_{airs} este masa totală de amestec existentă la momentul inițial în celulă;

— se calculează apoi temperatura amestecului inițial rămas la sfîrșitul arderii din primul pas

$$T_{air} = T_i(p^*/p_i)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}}$$

unde T_i este temperatura inițială a amestetului, iar γ exponentul adiabatic pentru amestecul inițial nears ;

— se calculează masa de amestec inițial rămas nears :

$$m_{air} = m_{airs} - m_{ga}$$

— se calculează volumul ocupat de amestecul inițial rămas nears:

$$V_{air} = \frac{m_{air} \cdot R \cdot T_{air}}{M_{ai} \cdot p^*}$$

unde M_{ai} este masa moleculară a amestecului inițial ;

— se calculează volumul ocupat de gazele arse în urma procesului:

$$V_{ga} = V_b - V_{air}$$

unde V_b este volumul celulei de experimentare;

— se calculează temperatura gazelor arse la sfîrșitul procesului de ardere din primul pas :

$$T_{ga} = \frac{p^* \cdot V_{ga} \cdot M_{ga}}{R \cdot m_{ga}}$$

unde M_{ga} este masa moleculară a gazelor arse.

Sînt determinate, în acest fel, valorile inițiale pentru necunoscutele sistemului de ecuații diferențiale (1) ... (6).

Pentru calculul căldurilor specifice medii la volum constant ale amestecului inițial și ale gazelor arse, sînt definite matricele coeficienților puterilor temperaturii pentru fiecare gaz component în parte; se calculează participațiile masice ale fiecărui gaz în amestec, considerînd compozițiile gazelor aceleași pentru întregul proces de propagare a flăcării.

Determinarea poziției curente a frontului de flacără se face prin compararea volumului gazelor arse, cu volumele generate prin înscrierea unei sfere de rază variabilă în celula cilindrică în trei poziții distincte :

a) pînă la atingerea peretelui cilindric ;

b) pînă la atingerea capacelor ;

c) pînă la atingerea razei maxime conform figurii 3.

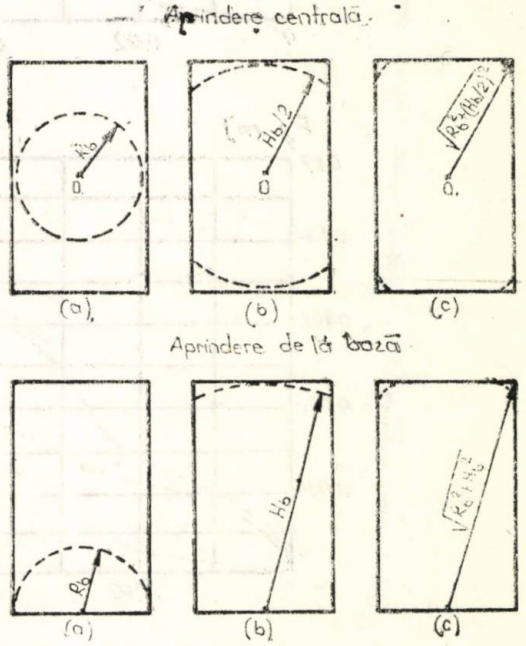
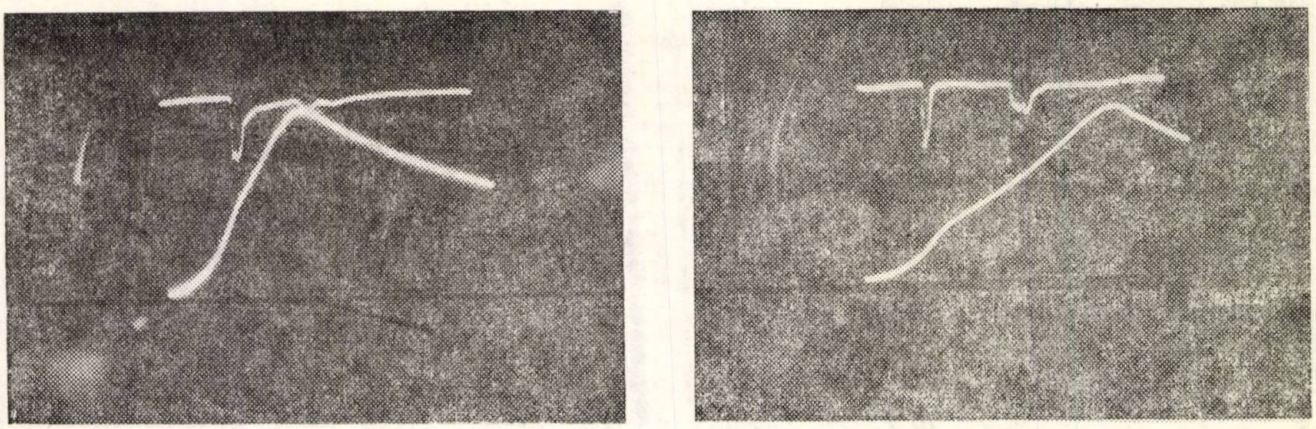


Fig. 3 Determinarea poziției curente a frontului de flacără.

În acest fel, pentru fiecare V_{ga} determinat prin integrarea sistemului de ecuații diferențiale, poate fi precizată raza frontului de flacără R_f, aria acestuia A_f, precum și supra-



a b

Fig. 4 Înregistrarea arderii gazului metan (a — aprindere centrală; p_M = 140 mm Hg; p_i = 4 bar; b — aprindere la bază).

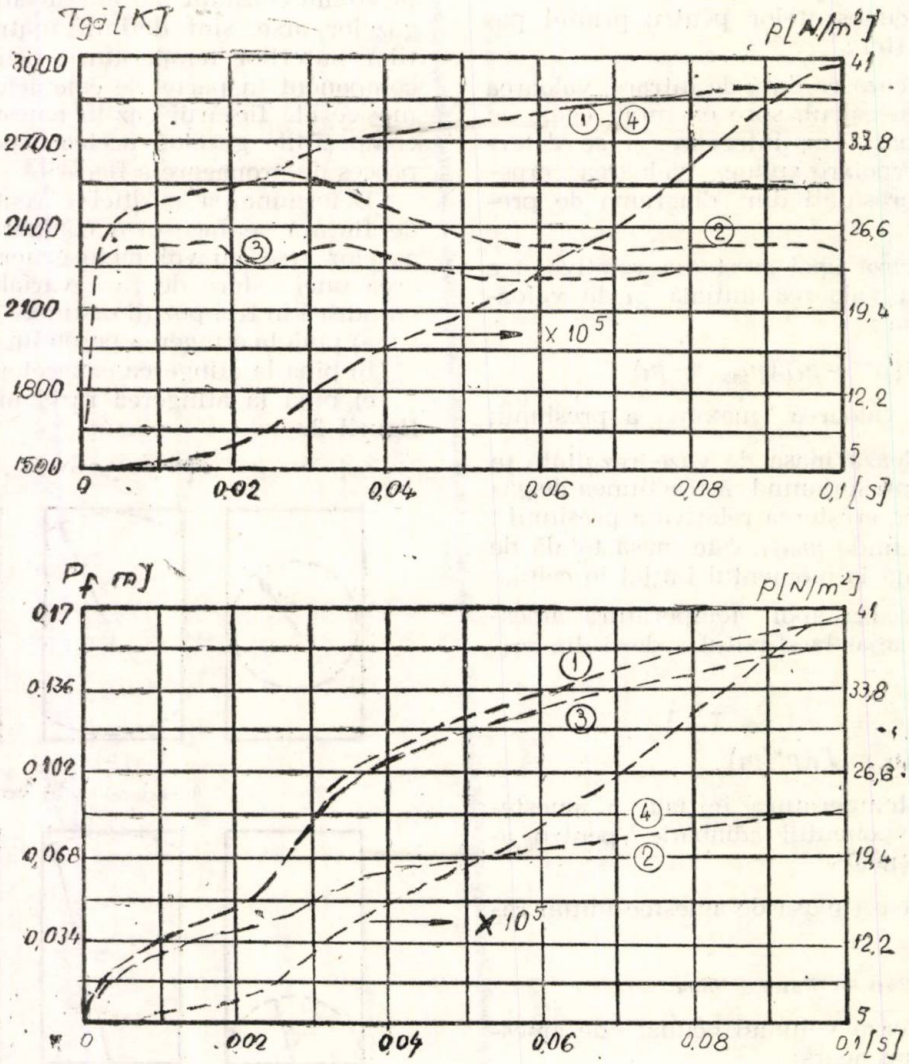


Fig. 5 Variația temperaturii gazelor arse și a razei flăcării.

1 — aprindere la bază fără schimb de căldură; 2 — aprindere centrală cu schimb de căldură; 3 — aprindere la bază cu schimb de căldură; 4 — aprindere centrală fără schimb de căldură.

fețele de schimb de căldură dintre amestecul inițial, gazele de ardere și pereții celulei cilindrice. Se pot astfel calcula pas cu pas, viteza laminară de ardere și viteza de propagare a frontului de flacără.

Rezultate preliminare

Ne propunem să prezentăm în continuare, cîteva dintre rezultatele obținute cu bomba experimentală.

Înregistrările din figura 4 au fost obținute pentru gaz metan din rețea, la o presiune inițială în bombă, de 4 bari, în două variante : cu aprindere centrală și aprindere la bază. Se evidențiază cu claritate variația presiunii în bombă, cu un punct de inflexiune pe partea crescătoare, care marchează momentul cînd conturul sferic al flăcării atinge peretele bombei ; după un maxim care marchează practic încheierea procesului arderii, presiunea începe să scadă, ca urmare a efectului transferului intens de căldură la pereții masivi ai bombei. Al doilea semnal a fost transmis de traductorul de ionizare, cu un impuls bine conturat în momentul cînd flacăra ajunge în dreptul traductorului, puțin după ce a atins peretele bombei.

Prin prelucrarea înregistrării variației presiunii, au putut fi determinate diagramele de variație a temperaturilor și volumelor amestecului inițial și gazelor arse, razei flăcării (fig. 5), vitezei flăcării și vitezei laminare (fig. 6). Se observă că efectul inflexiunii înregistrate în variația presiunii este bine marcat pe toate aceste diagrame și apare amplificat pe

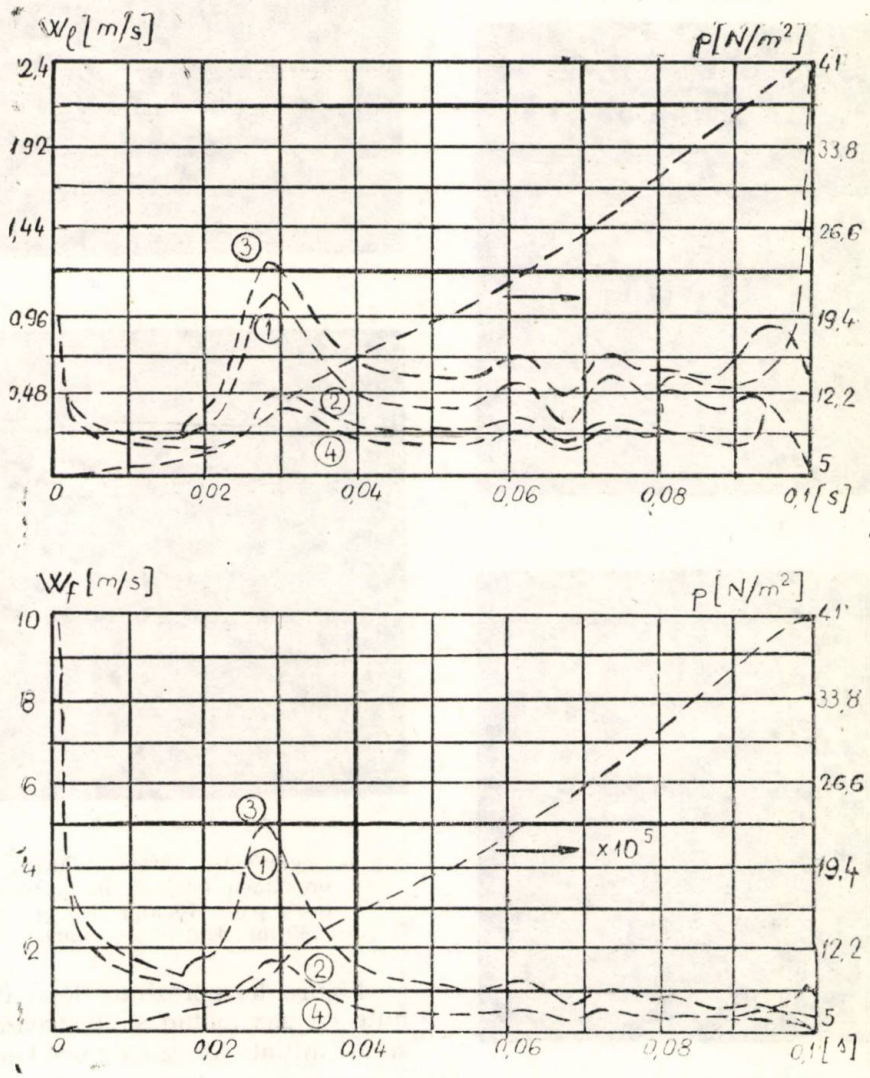
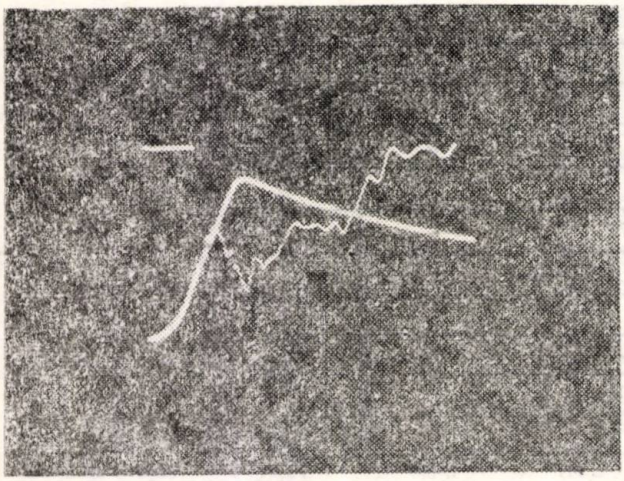


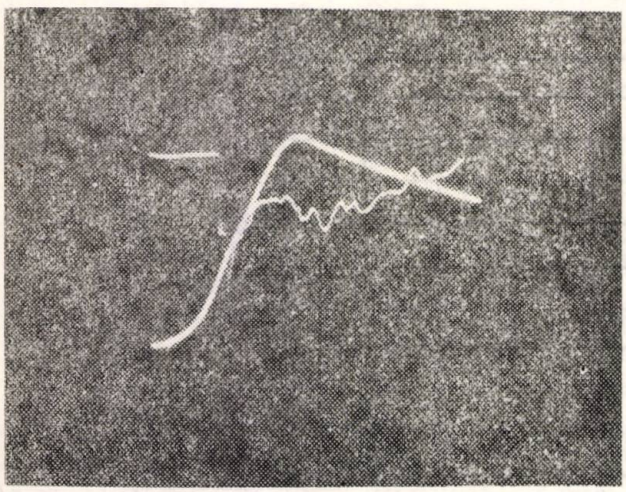
Fig. 6 Variația vitezei laminare de ardere și a vitezei de propagare a frontului de flacără.

1 — aprindere la bază fără schimb de căldură ; 2 — aprindere centrală cu schimb de căldură ; 3 — aprindere la bază cu schimb de căldură ; 4 — aprindere centrală fără schimb de căldură.

diagramele ce definesc variația vitezei laminare de ardere și a vitezei de propagare a frontului de flacără. Viteza laminară a flăcării, ca o mărime caracteristică pentru un anumit combustibil și în anumite condiții de dozaj și de stare inițială, urmează să fie definită pe prima porțiune a diagramei, corespunzătoare perioadei de propagare neperturbate de prezența bombei. În fine, se mai observă că în diagramele amintite, au fost trasate și variațiile obținute în ipoteza neglijării transferului de căldură la pereți ; influența ipotezei asupra determinării vitezei laminare apare redusă (în exemplul considerat de circa 2%).



a

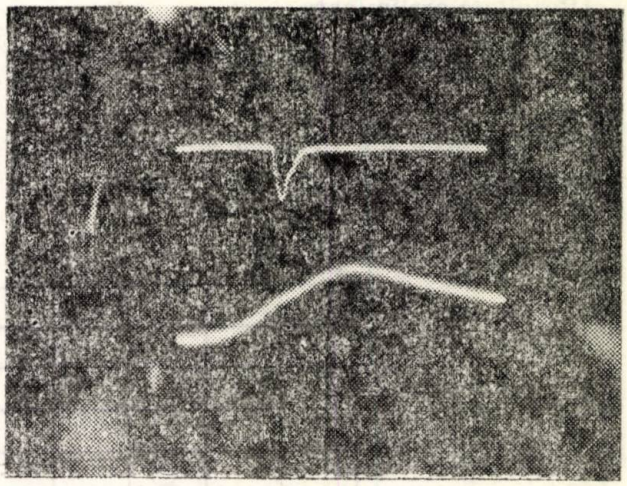


b

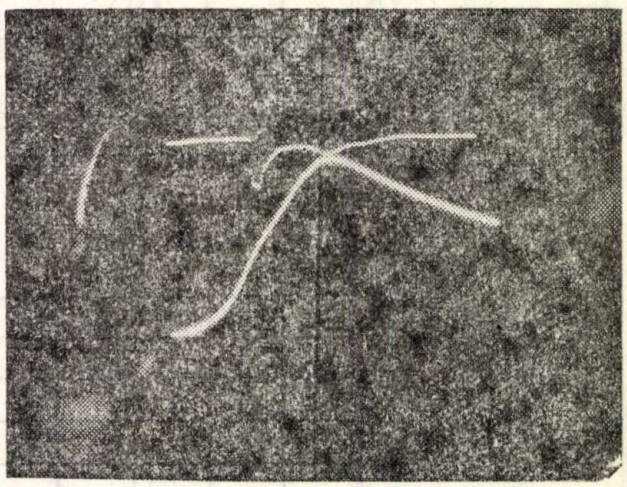
Fig. 7 Înregistrarea arderii gazului metan aditivat cu hidrogen în cazul, aprinderii centrale (a— p_M = 70 mm Hg; p_H = 110 mm Hg; p_i = 3 bar; b — p_M = 105 mm Hg; p_H = 110 mm Hg; p_i = 4 bar).

În figura 7 se prezintă înregistrările ce au fost obținute pentru gaz metan aditivat cu hidrogen în condițiile de dozaj și presiune inițială diferite.

Adaosul de hidrogen determină o creștere puternică a vitezei laminare a flăcării, marcată de creșterea puternică a vitezei de creștere a presiunii. Prezența hidrogenului a determinat și perturbarea puternică a semnalului de ionizare.



a



b

Fig. 8 Dependența vitezei flăcării laminare față de presiunea inițială, în cazul aprinderii centrale (a — p_M = 70 mm Hg; p_i = 2 bar; b — p_M = = 140 mm Hg; p_i = 4 bar).

Figura 8 reprezintă două înregistrări obținute cu gaz metan și ilustrează influența presiunii inițiale asupra vitezei laminare a flăcării, remarcîndu-se faptul că durata de propagare scade o dată cu creșterea presiunii inițiale.

Concluzii

Instalația experimentală și metoda de prelucrare a datelor, care au fost descrise în această lucrare, permit studiul vitezei flăcării laminare pentru combustibili gazoși.

Tehnica prezentată va putea fi extinsă în viitor și asupra clasei combustibililor lichizi.

CZ : 621.431.73

Cercetări privind performanțele unei camere de ardere derivate din noua cameră de ardere a motorului pentru turismul Dacia*)

Ing. Călin **CHIRILĂ**, dr. ing. Marin **MITRACHE**, ing Florian **IVAN** — I.C.S.I.T.A. Pitești
Prof. dr. ing. Berthold **GRÜNWALD** — Institutul Politehnic București

Obiectivele cercetării

Este cunoscut că o cameră de ardere încorporată într-un piston de tip cupă, centrată după axa cilindrului (fig. 1, a), realizează un cîmp simetric de viteze radiale V_r, proporțional cu viteza pistonului W_p, dependent de deschiderea relativă a cupei, $\delta_1(\delta = D_c/D)$ și de înălțimea cupei h_c. Din motive constructive, bujia **B** nu se poate plasa central.

Rezultă că flacăra se propagă, inevitabil, într-un cîmp asimetric de viteze (fig. 1, b), iar pe direcția diametrului principal **p—p**, flacăra flacăra parcurge distanțe diferite ($l_1 > l_2$).

Acțiunea nesimetrică (inegală) a frontului periferic de fluid proaspăt cu micșcare radială asupra frontului de flacără i-a îndemnat pe autori să organizeze de la început un cîmp asimetric de viteze radiale.

Se obține acest deziderat prin plasarea excentrică a cupei din piston (fig. 2). S-a menținut centrul cupei **O'** pe axul principal **p—p**, dar s-a deplasat spre bujie, rezultînd excentricitatea

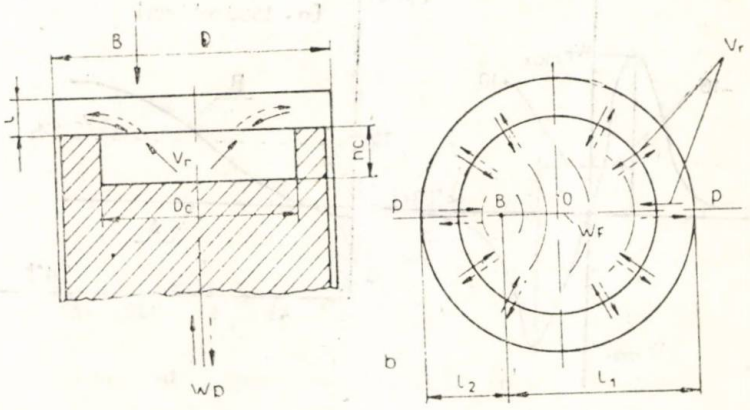


Fig. 1 Elementele geometrice ale unei camere de ardere cupă centrată în piston și direcțiile de curgere ale fluidului de lucru în cameră.

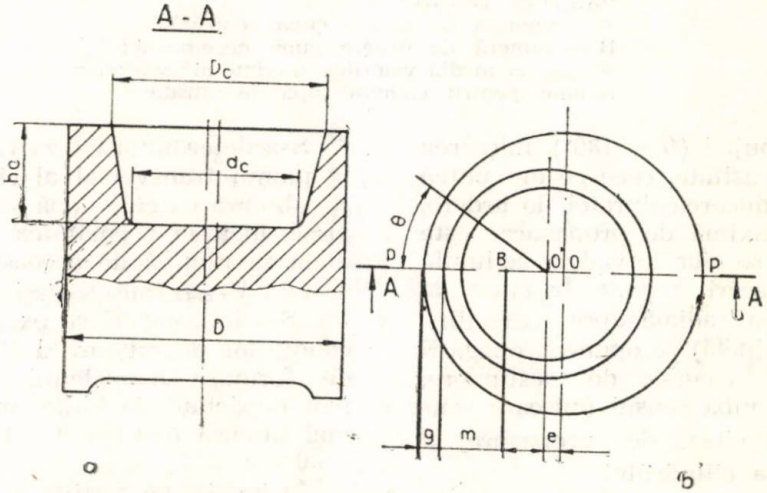


Fig. 2 Elementele geometrice ale unei camere de ardere cupă necentrată în piston.

*) Lucrare prezentată la Simpozionul internațional de motoare cu ardere internă – Motor Simpo '88 — Strbské Plesó — R. S. Cehoslovacia.

Caracteristicile geometrice ale camerelor de ardere studiate

Tabelul 1

Varianta	D [mm]	D_c [mm]	d_e [mm]	h_c [mm]	e [mm]	m [mm]	g [mm]	$\delta = \frac{D}{D_c}$	ε
A	76	64	54	14,0	0	9,0	6,0	0,84	9,0
B	76	59	59	14,0	2,5	9,0	6,0	0,87	9,0

$e = 00'$. Rezultă astfel un diametru relativ δ_θ variabil cu unghiul θ, de la o valoare minimă (pentru $\theta = 0°$) la o valoare maximă ($\theta = 180^0$).

Soluția astfel obținută are mai multe obiective. Ea urmărește să protejeze zona bujiei de de fluid proaspăt care se deplasează radial spre electrozi, în perioada de funcționare a nucleului de flacără. În zona din vecinătatea bujiei, atît mișcarea radială cît și cea turbulentă se atenuează.

S-a calculat viteza radială pentru două variante de cameră de ardere : una centrată (varianta A), cealaltă necentrată (varianta B). Caracteristicile constructive ale celor două variante de cameră de ardere sînt arătate în tabelul 1.

Pentru viteza radială, s-a găsit un maximum la o depărtare unghiulară de punctul mort interior (p_{mi}), de ± 10 grade rotație arbore cotit (°RA) (fig. 3, a).

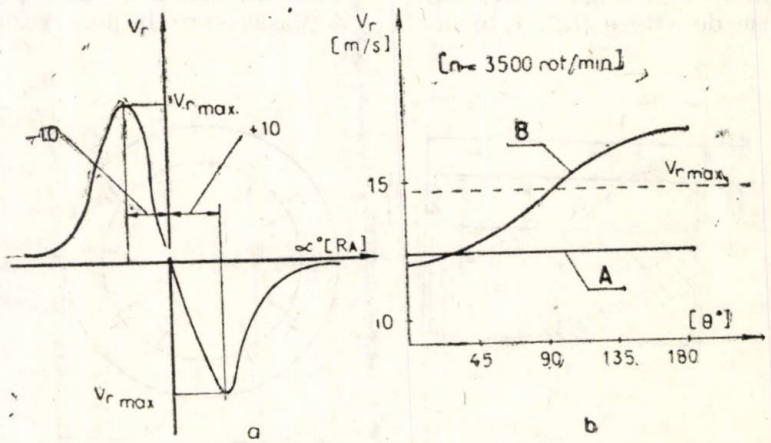


Fig. 3, a Variația vitezei radiale V_r în funcție de unghiul de rotație al arborelui cotit.
Fig. 3, b Variația vitezei radiale maxime în funcție de unghiul față de diametrul principal **p—p**, la turația de 3500 rot/mit.
A — cameră de ardere cupă centrată ;
B — cameră de ardere cupă necentrată ;
$V_{r\,max}$ = media valorilor maxime ale vitezelor radiale pentru camera cupă necentrată.

Îa partea opusă bujiei ($\theta = 180°$), mișcarea radială crește în intensitate, ceea ce ar putea fi eficient pentru reducerea duratei de ardere, deoarece distanța maximă de propagare este l_1. Totuși, trebuie să se aibe în vedere acțiunile contradictorii ale mișcării radiale. În cursa de comprimare, mișcarea radială spre axa cilindrului (mișcare centripetă) se opune propagării frontului de flacără. În cursa de destindere, mișcarea radială schimbă sensul (mișcare centrifugă) și amplifică viteza de propagare a flăcării spre periferia cilindrului.

După felul în care se controlează cele două influențe opuse, se poate asigura o eficiență mai mare sau mai mică a procesului de ardere.

S-a determinat viteza radială maximă $V_{r\,max}$ în planul transversal al cilindrului (fig. 3, b). Se observă că cele două variante au fost astfel alese, încît în vecinătatea bujiei mișcarea radială să rămînă de aceeași intensitate (pentru $\theta = 0°$, $V_{r\,max}$ este aceeași la cele două variante). S-a încercat să se excludă astfel influența condițiilor de mișcare a fluidului asupra fazei de formare a nucleului de flacără. În zonele mai depărtate de bujie, mișcarea radială este mai intensă (pentru $\theta = 180^0$, $V_{r\,max}$ crește cu ~40 %).

În medie, pe secțiunea transversală s-a obținut o viteză radială mai mare la varianta cu camera necentrată ($V_{r\,max}$), prin reducerea diametrului cupei δ (tab. 1).

S-a suprapus astfel un efect suplimentar peste cel obținut prin dezaxarea cupei din piston. Astfel, varianta B se constituie ca o cameră de ardere cu mișcare radială mai intensă. Modelul de calcul adoptat indică o creștere liniară a vitezei $V_{r\,max}$ cu creșterea turației (fig. 4).

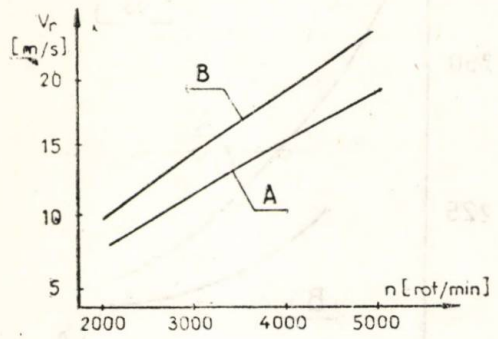


Fig. 4 Variația vitezei radiale maxime funcție de turația arborelui cotit.

S-a apreciat că efectul combinat de cameră necentrată cu mișcare radială intensificată va da rezultate mai bune la sarcini reduse, care corespund motorului cu aprindere prin scînteie și cu turații reduse.

La turații mici, cînd frontul de flacără se deplasează lent, frontul periferic de fluid proaspăt are și el o mișcare centripetă redusă vezi (fig. 4).

Astfel, în cursa de comprimare, impactul dintre frontul de flacără și frontul periferic de fluid proaspăt trebuie să fie slab, cu efect redus de întîrziere asupra propagării flăcării.

În cursa de destindere, încă, se exercită complet acțiunea mișcării radiale centrifuge asupra propagării. Frontul de flacără ajunge la periferia cupei din piston. Viteza de propagare trebuie să crească, durata arderii trebuie să se micșoreze, iar randamentul urmează să se amplifice.

La turații mari, atît viteza de propagare cît și viteza radială cresc, iar în cursa de comprimare, impactul puternic dintre cele două fronturi este inevitabil. La turații mari, este de așteptat ca varianta de cameră necentrată cu mișcare intensificată să nu aducă avantaje importante asupra randamentului.

Supunînd încercării varianta B, autorii au dat prioritate domeniului de sarcini și turații reduse, întrucît în acest domeniu de funcționare motorul este deficitar și se concentrează eforturile pentru a găsi soluții adecvate.

Prin plasarea necentrată a cupei din piston, s-a modificat și caracteristica de propagare a camerei de ardere (variația volumului V_R, rezultat din intersecția unei sfere de rază R și centrul în **B** cu pereții cupei din piston, în funcție de raza R a sferei) în sensul că, la varianta cu cameră necentrată, amestecul are un grad mai mare de concentrare în jurul bujiei (fig. 5).

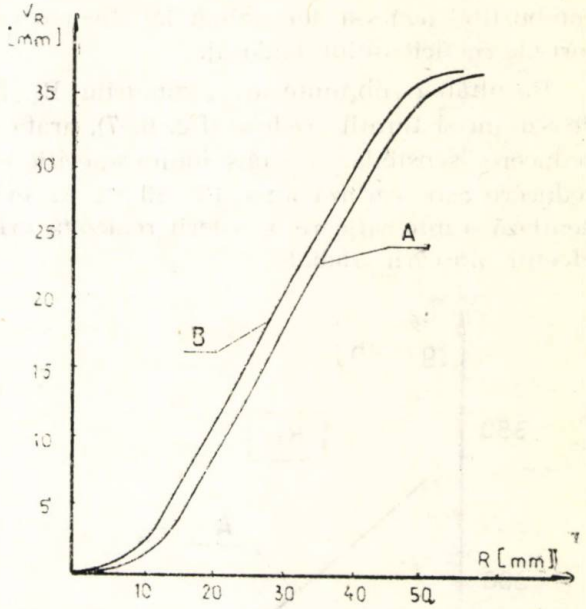


Fig. 5 Caracteristicile de propagare pentru variantele **A și B.**

Rezultatele experimentale

Cele două variante de cameră de ardere au fost încercate pe un motor cu aprindere prin scînteie, în patru timpi, din familia de motoare pentru turismul românesc Dacia, fabricat de Intreprinderea de Autoturisme Pitești. Motorul are patru cilindri, cu dimensiunile fundamentale cursă x diametru, $S \times D = 87 \times 76$ mm. Cilindree totală — 1578 cmc. Motorul dezvoltă 55 kW la 5000 rot/min.

Cercetările s-au efectuat pentru mai multe regimuri de funcționare și anume : trei regimuri de sarcini și turații reduse și două regimuri de vîrf, pe caracteristica exterioară, la turația de putere maximă și la turația de moment maxim (tab. 2).

Caracteristicile regimurilor de lucru în care s-au efectuat cercetările

Tabelul 2

Denumirea regimului	Turația [rot/min]	Presiunea medie efectivă [daN/cm²]
R_1	1990	2,73
R_2	2650	3,47
R_3	3500	4,90
R_4	3500	x *)
R_5	5000	x *)

*) Pe caracteristica exterioară, la sarcină totală, cu obturator complet deschis.

Fiecare test s-a efectuat cu avansul optim la aprindere.

Performanța de consum specific efectiv de combustibil (c_e) s-a determinat la diverse valori ale coeficientului de dozaj.

Rezultatele obținute în regimurile R_1, R_2 de sarcini și turații reduse (fig. 6, 7), arată o reducere sensibilă a consumului specific c_e reducere care variază între 12—23 %. Ea evidențiază o intensificare a arderii realizată prin efectul mișcării radiale.

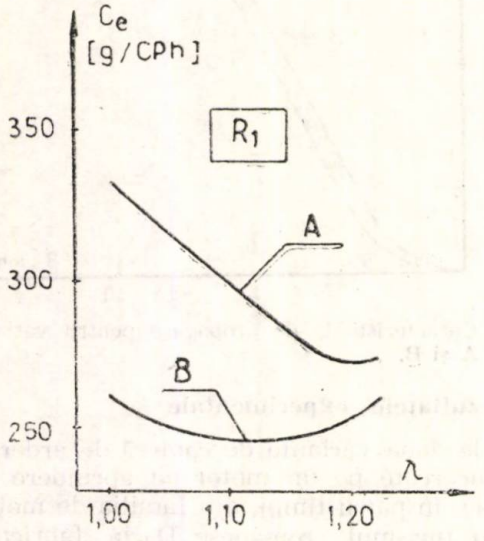


Fig. 6 Variația consumului specific efectiv de combustibil în funcție de coeficientul excesului de aer în regimul R_1.

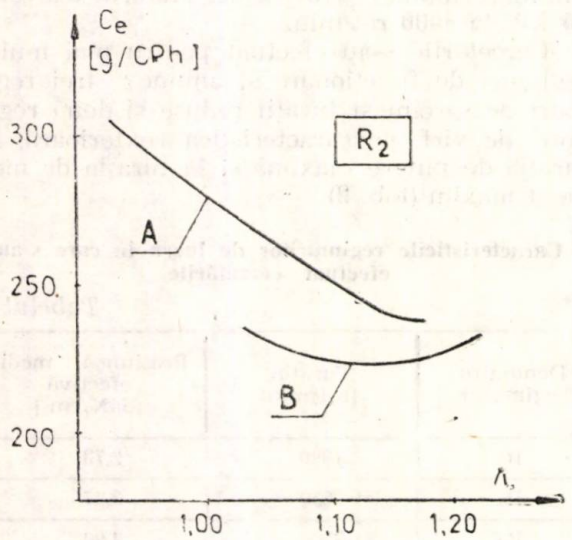


Fig. 7 Variația consumului specific de combustibil în funcție de coeficientul excesului de aer în regimul R_2.

La regimurile R_3, R_4, corespunzătoare turației de moment maxim, camera concentrică are încă randamente mai bune, dar diferențele față de camera centrată se atenuează (fig. 8, 9).

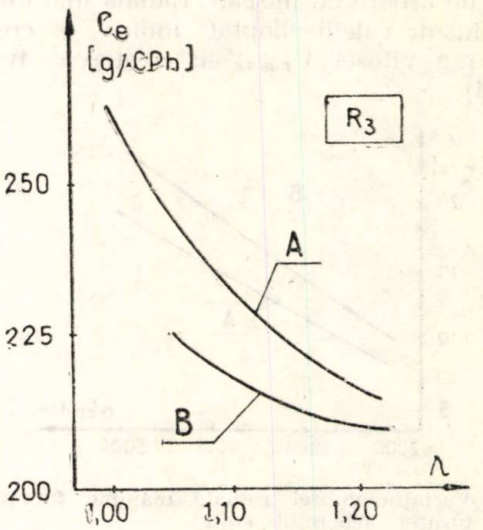


Fig. 8 Variația consumului specific efectiv de combustibil în funcție de coeficientul excesului de aer în regimul R_3.

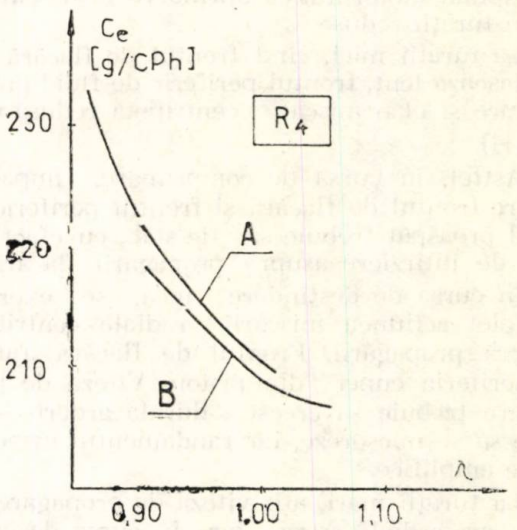


Fig. 9 Variația consumului specific efectiv de combustibil în funcție de coeficientul excesului de aer în regimul R_4.

Cum prin mărirea turației s-a amplificat viteza de propagare ca și viteza radială, este de presupus că efectele opuse exercitate de mișcarea radială în comprimare și destindere tind să se compenseze.

În regim nominal, la turația de 5000 rot/min, așa cum s-a prevăzut, camera excentrică cu mișcare intensificată generează probabil un impact tare între fronturile care se deplasează în sens invers, în cursa de comprimare, și limitează viteza de ardere. Ca urmare con-

sumul specific de combustibil a depășit valoarea înregistrată la camera centrată (fig. 10).

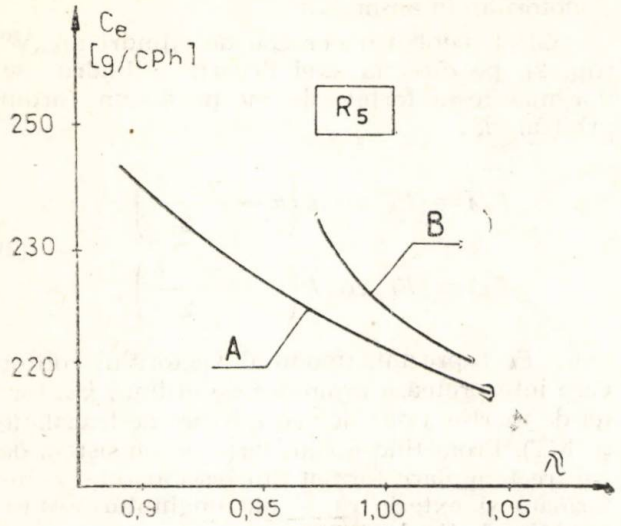


Fig. 10 Variația consumului specific efectiv de combustibil în funcție de coeficientul excesului de aer în regimul R_5.

Concluzii

Cercetarea pune în evidență faptul că o cameră de ardere în piston, necentrată, cu mișcare radială intensificată, funcționează mai eficient la sarcini și turații reduse.

O decizie privind adoptarea ei trebuie corelată cu destinația motorului, adică trebuie corelată cu frecvența regimurilor de încărcare a motorului în exploatare.

Cercetări suplimentare privind comportarea celor două camere de ardere în regimuri tranzitorii și calitățile lor antipoluante sînt în curs de desfășurare.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Grünwald, B.*: Teoria, calculul și construcția motoarelor pentru autovehicule rutiere. București Ed. Didactică și Pedagogică, 1980.

[2] *Ivan, F.*: Cu privire la mișcarea radială a fluidului de lucru din camera de ardere tip cupă în piston a motorului cu aprindere prin scînteie. Aplicație la motorul 230—00(1578 cmc,. A 3-a Sesiune de comunicări științifice ESFA. Institutul Politehnic București, 1987.

CZ : 621.4-755

O teorie unitară a echilibrajului motoarelor cu cilindrii dispuși în „V"

Conf. dr. ing. Dinu **TARAZA** — Institutul Politehnic București

Varianta dispunerii în „V" a cilindrilor unui motor constituie una din soluțiile constructive frecvent utilizate în scopul reducerii lungimii motorului și a compactizării construcției sale.

În marea lor majoritate, motoarele în „V" sînt realizate cu mecanisme de tip normal; mai rar se utilizează mecanisme cu bielă principală și bielă secundară. Avînd în vedere faptul că, în cazul utilizării mecanismelor de tip normal, legile de mișcare sînt identice în cele două linii ale V-ului, apar posibilități suplimentare de îmbunătățire a echilibrajului, față de cele întîlnite la motoarele în linie.

Motoarele în „V" echipate cu mecanisme de tip normal sînt clasificate în literatura de specialitate ca motoare în „V" propriu-zise, la care arborele cotit are un număr de manivele egal cu jumătatea numărului de cilindri și bielele sînt articulate cîte două pe aceeași manivelă, sau ca motoare în „V" cu cilindri intercalați, la care arborele cotit are un număr de manivele egal cu numărul de cilindri.

În literatura de specialitate, problema echilibrajului motoarelor în „V" este tratată în mod distinct pentru cele două clase de motoare. În prezenta lucrare se elaborează o teorie unitară a echilibrajului motoarelor în „V" echipate cu mecanisme de tip normal și axat.

La motoarele în „V", arborele cotit poate fi privit ca fiind format din doi arbori parțiali, fiecare arbore parțial fiind acționat de cilindrii unei linii a V-ului. În această concepție, motorul în „V" propriu-zis poate fi considerat ca un caz particular al unui motor în „V" cu cilindri intercalați, la care arborii parțiali sînt identici și calați în fază.

Pentru a asigura condiții favorabile de echilibrare, precum și premisele repartizării uniforme a aprinderilor, arborii cotiți parțiali trebuie să aibă manivelele uniform distribuite în jurul axei de rotație.

Realizarea uniformității aprinderilor, pe ansamblul motorului, reclamă ca între manivelele celor doi arbori parțiali să existe decalaje δ care să asigure îndeplinirea condiției (fig. 1):

$$\delta = \gamma - j\frac{\tau\pi}{i}\ ;\ j = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots, \qquad (1)$$

unde γ reprezintă unghiul V-ului, τ — numărul de timpi ai ciclului și i — numărul de cilindri ai motorului.

Motoarele în „V" cu cilindri intercalați pot fi realizate cu aprinderi uniform repartizate, pentru orice valoare a unghiului V-ului, respectînd condiția (1). La motoarele în „V" propriu-zise, caracterizate prin calarea în fază a arborilor parțiali ($\delta = 0$), condiția (1) devine :

$$\gamma = j\frac{\tau\pi}{i};\ j = 1, 2, 3, \ldots, \qquad (2)$$

ceea ce indică necesitatea ca unghiul V-ului să aibă o valoare bine determinată pentru motoarele cu aprinderi uniform repartizate.

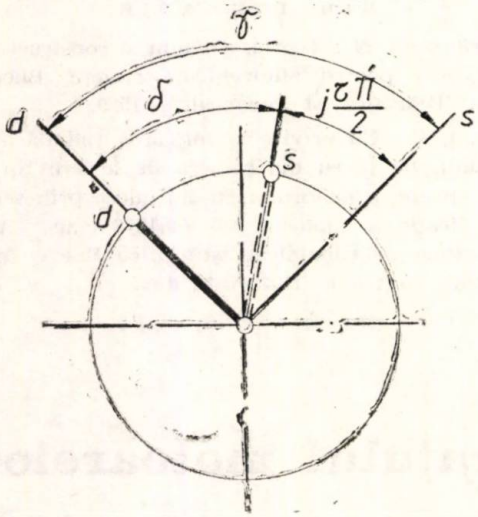


Fig. 1 Schema de calare a arborilor cotiți parțiali, la motorul în „V".

Ca și la motoarele în linie, la motoarele în „V", echilibrajul forțelor de inerție și al momentelor acestor forțe este determinat de configurația arborelui cotit.

La motoarele în patru timpi, cu număr par de cilindri în fiecare linie a V-ului, există posibilitatea ca arborii parțiali să fie de tipul : $i/2$ cilindri în linie, în patru sau în doi timpi. Această situație permite realizarea, de la caz la caz, a unor soluții convenabile de echilibrare a motorului. Astfel, utilizarea unor arbori de tip patru timpi (arbore simetric) permite echilibrarea tuturor momentelor externe ale forțelor de inerție și a rezultatelor forțelor de inerție pînă la ordinul armonic $k = i/4$. Utilizarea arborilor parțiali de tipul doi timpi, în varianta de arbori semisimetrici, permite echilibrarea tuturor momentelor externe de ordin par și a rezultatelor forțelor de inerție pînă la ordinul armonic $k = i/2$. Utilizarea unui anumit tip de arbore parțial trebuie corelată cu unghiul V-ului (la motoarele în „V" propriu-zise), astfel încît să nu existe decît două manivele care trec simultan prin puncte moarte. Combinînd aceste posibilități cu cele rezultate din existența a două linii dispuse în „V", se pot obține soluții convenabile de echilibrare a motorului în ansamblu.

Astfel, pentru o pereche de cilindri în „V" (fig. 2), pe direcția axei fiecărui cilindru se vor manifesta forțele de inerție de un ordin arbitrar k :

$$\left.\begin{aligned} F_{kd} &= |F_k| \cos k\left(\alpha + \frac{\gamma - \delta}{2}\right), \\ F_{ks} &= |F_k| \cos k\left(\alpha + \frac{\gamma - \delta}{2}\right), \end{aligned}\right\} \qquad (3)$$

unde F_k reprezintă modulul vectorului rotitor care interpretează armonica de ordinul k a forței de inerție a pieselor cu mișcare de translație (FIMT). Proiectînd aceste forțe pe un sistem de axe rectangulare format din bisectoarele — interioară și exterioară — ale unghiului V-ului, se obține în final :

$$\left.\begin{aligned} F_{kx} &= 2|F_k| \sin\frac{\gamma}{2} \sin k\frac{\gamma - \delta}{2} \sin k\alpha, \\ F_{ky} &= 2|F_k| \cos\frac{\gamma}{2} \cos k\frac{\gamma - \delta}{2} \cos k\alpha. \end{aligned}\right\} \qquad (4)$$

Se constată că FIMT de ordinul k — pentru cei doi cilindri în „V" — este interpretată de un vector rotativ al cărui vîrf descrie o elipsă.

Relațiile (4) permit stabilirea următoarelor particularități ale echilibrajului FIMT la motoarele în V :

— dacă $\gamma = \delta$ rezultă $F_{kx} = 0$ și deci motorul va trepida numai în planul bisector interior al V-ului ;

— dacă $\gamma = \delta = \pi$ rezultă $F_{kx} = F_{ky} = 0$ și deci, pentru fiecare pereche de manivele, FIMT se echilibrează reciproc pentru toate ordinele armonice ;

— dacă este realizată condiția :

$$\gamma - \frac{\delta}{2} = (2j + 1)\frac{\pi}{2};\ j = 1, 2, 3, \ldots, \qquad (5)$$

vîrful vectorului rotativ care interpretează FIMT de ordinul „I" descrie un cerc, această forță putînd fi echilibrată cu ajutorul unor contragreutăți plasate pe arborele cotit.

La motorul în „V" propriu-zis $\delta = 0$, ceea ce conduce la o anumită simplificare a relațiilor (4) permițînd evidențierea următoarelor particularități ale echilibrajului :

— pentru $\gamma = \pi$ sînt echilibrate toate componentele de ordin par ale FIMT ;

— pentru $\gamma = \pi/2$ FIMT de ordinul „I" poate fi echilibrată cu contagreutăți plasate pe arborele cotit.

Adăugînd la aceste observații particularitățile echilibrajului din fiecare linie a V-ului, se obțin caracteristicile de echilibrare ale motorului.

dacă arborii cotiți parțiali sînt identici sau simetrici (fig. 3). În această situație, vectorii rotitori care interpretează MEFIMT sînt identici pentru cei doi arbori parțiali, ceea ce permite

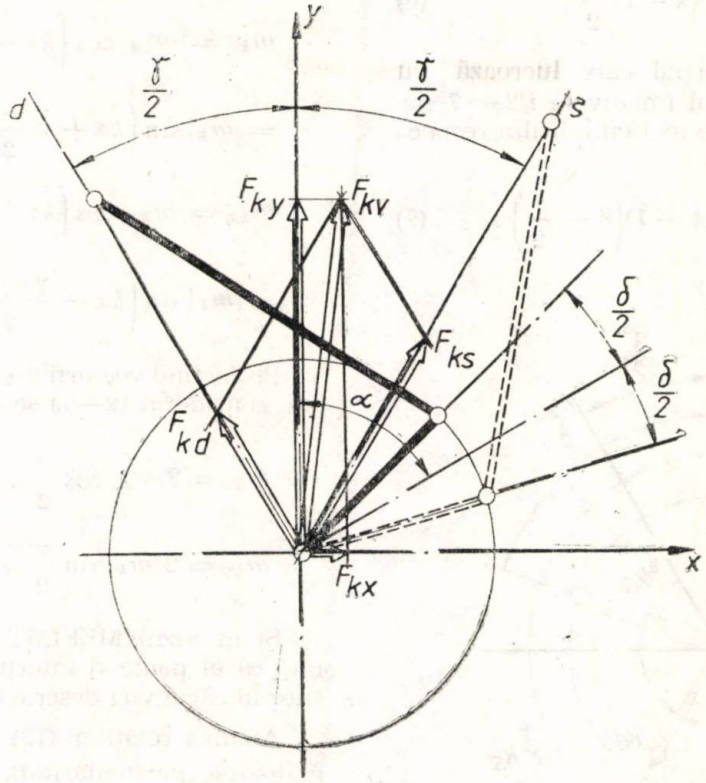


Fig. 2 Forțele de inerție pentru o pereche de cilindri în „V".

În ceea ce privește echilibrajul momentelor externe ale forțelor de inerție ale FIMT (MEFIMT), se constată că se pot obține soluții favorabile — sub aspectul echilibrajului — ca printr-o calare convenabilă a lor să se obțină o îmbunătățire a echilibrajului.

Considerînd arborele parțial care lucrează cu linia din dreapta, avînd prima manivelă pe

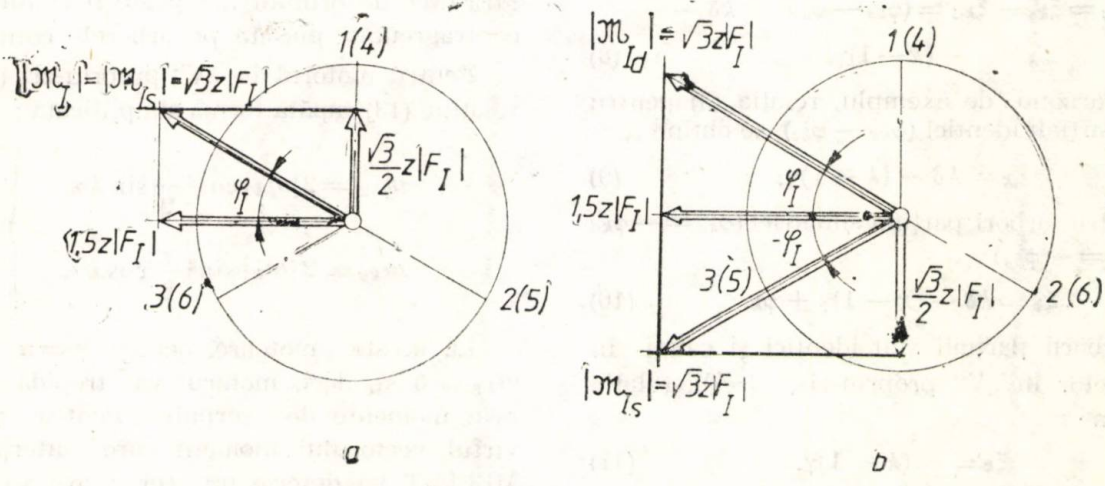


Fig. 3 Vectorii care interpretează MEFIMT de ordinul I : a — arbori parțiali identici; b — arbori parțiali simetrici.

direcția axei y (rotită cu $\gamma/2$ față de axa cilindrului respectiv), se determină, cu notațiile din figura 4, poziția vectorului moment de ordinul k :

$$\xi_{kd} = \varphi_{kd} + (k-1)\frac{\gamma}{2}, \tag{6}$$

iar pentru arborele parțial care lucrează cu linia din stînga a V-ului (manivela $i/2 = 7$ rotită cu $\delta - \gamma/2$ față de axa cilindrului respectiv)

$$\xi_{ks} = \varphi_{ks} + \delta + (k-1)\left(\delta - \frac{\gamma}{2}\right). \tag{7}$$

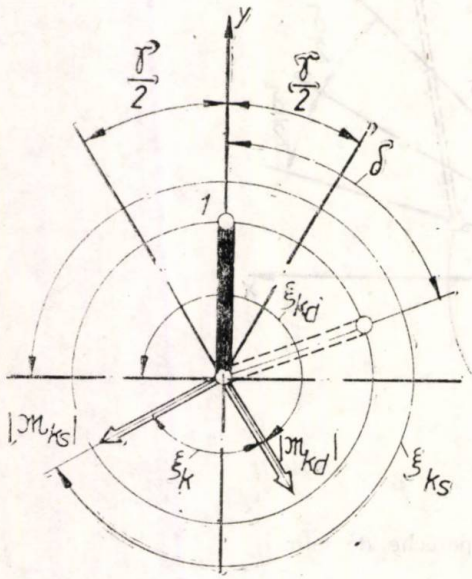


Fig. 4 Defazarea vectorilor care interpretează MEFIMT de ordinul k.

Pe ansamblul motorului, rezultă că cei doi vectori rotativi care interpretează MEFIMT de ordinul k vor fi decalați cu unghiul ξ_k (fig. 4) :

$$\xi_k = \xi_{ks} - \xi_{kd} = (\varphi_{ks} - \varphi_{kd}) + k\delta - (k-1)\gamma. \tag{8}$$

Particularizînd, de exemplu, relația (8) pentru arbori parțiali identici ($\varphi_{kd} - \varphi_{ks}$), se obține :

$$\xi_k = k\delta - (k-1)\gamma, \tag{9}$$

iar pentru arbori parțiali simetrici ($\varphi_{ks} = -\varphi_{kd}$ sau $\varphi_{kd} = -\varphi_{ks}$) :

$$\xi_k = k\delta - (k-1)\gamma \pm \varphi_k. \tag{10}$$

Dacă arborii parțiali sînt identici și calați în fază (motor în „V" propriu-zis, $\delta = 0$), relația (8) devine :

$$\xi_k = -(k-1)\gamma. \tag{11}$$

Cei doi vectori rotativi $\vec{m}_{kd}$ și $\vec{m}_{ks}$, care interpretează MEFIMT de ordinul k pentru cei doi arbori parțiali, formează o figură rigidă care se rotește cu viteza unghiulară $k\omega$ (fig. 5). Proiectînd acești vectori pe axe perpendiculare pe axele liniilor de cilindri respectivi (ς și η) și ținînd cont că $|m_{kd}| = |m_{ks}| = |m_k|$ se determină :

$$\left.\begin{aligned} m_{k\xi} &= |m_{kd}| \cos\left(k\alpha - \frac{\xi_k}{2} + \frac{\gamma}{2} - \frac{\pi}{2}\right) = \\ &= |m_k| \sin\left(k\alpha + \frac{\gamma - \xi_k}{2}\right), \\ m_{k\eta} &= |m_{ks}| \cos\left(k\alpha + \frac{\xi_k}{2} - \frac{\gamma}{2} - \frac{\pi}{2}\right) = \\ &= |m_k| \sin\left(k\alpha - \frac{\gamma - \xi_k}{2}\right). \end{aligned}\right\} \tag{12}$$

Proiectînd vectorii $m_{k\xi}$ și $m_{k\eta}$ pe sistemul de axe considerat (x—y) se obține în final :

$$\left.\begin{aligned} m_{kx} &= 2|m_k| \cos\frac{\gamma}{2} \cos\frac{\gamma - \xi_k}{2} \sin k\alpha, \\ m_{ky} &= 2|m_k| \sin\frac{\gamma}{2} \sin\frac{\gamma - \xi_k}{2} \cos k\alpha. \end{aligned}\right\} \tag{13}$$

Și în cazul MEFIMT de ordinul k se constată că el poate fi interpretat de un vector rotitor al cărui vîrf descrie o elipsă.

Analiza relațiilor (13) scoate în evidență următoarele particularități suplimentare ale echilibrajului motoarelor în „V" :

— pentru $\gamma = \xi_k$ rezultă $m_{ky} = 0$ și deci motorul va trepida pentru ordinul armonic k, doar un moment de galop ;

— pentru $\gamma = \xi_k = \pi$ motorul este complet ecilibrat sub aspectul MEFIMT de ordinul k ;

— dacă este îndeplinită condiția (5), MEFIMT de ordinul „I" poate fi echilibrat cu contragreutăți plasate pe arborele cotit.

Pentru motorul în „V" propriu-zis ($\xi_k = 0$) relațiile (13) capătă forma simplificată :

$$\left.\begin{aligned} m_{kx} &= 2|m_k| \cos^2\frac{\gamma}{2} \sin k\alpha, \\ m_{ky} &= 2|m_k| \sin^2\frac{\gamma}{2} \cos k\alpha. \end{aligned}\right\} \tag{14}$$

La aceste motoare, pentru $\gamma = \pi$ rezultă $m_{kx} = 0$ și, deci, motorul va trepida numai prin momente de șerpuire. Pentru $\gamma = \pi/2$, vîrful vectorului moment care interpretează MEFIMT va descrie un cerc ; în acest caz MEFIMT de ordinul „I" poate fi echilibrat prin contragreutăți plasate pe arborele cotit.

În **concluzie** se pot formula următoarele particularități ale echilibrajului motoarelor în „V", echipate cu mecanisme de tip normal și axat.

1. Motorul va trepida în fiecare linie a V-ului datorită forțelor și momentelor care dezechilibrează motorul echivalent cu $i/2$ cilindri în linie. Pentru ordinele armonice la care motorul cu $i/2$ cilindri este echilibrat și motorul în „V" este echilibrat.

2. La motoarele cu cilindri în „V" intercalați, pentru orice valoare a unghiului V-ului, motorul poate fi realizat cu aprinderi uniform repartizate respectînd condiția de calare a arborilor parțiali (1). La motoarele în „V" propriu-zise, uniformitatea aprinderilor impune unghiul V-ului, precizat de relația (2).

3. Posibilitățile suplimentare de îmbunătățire a echilibrajului la motoarele în „V" sînt precizate de relația (4), pentru FIMT și de relațiile (13), respectiv (14), pentru MEFIMT. O importanță deosebită o prezintă posibilitatea de echilibrare a MEFIMT de ordinul „I" prin contragreutăți plasate pe arborele cotit, precizată de realizarea condiției (5).

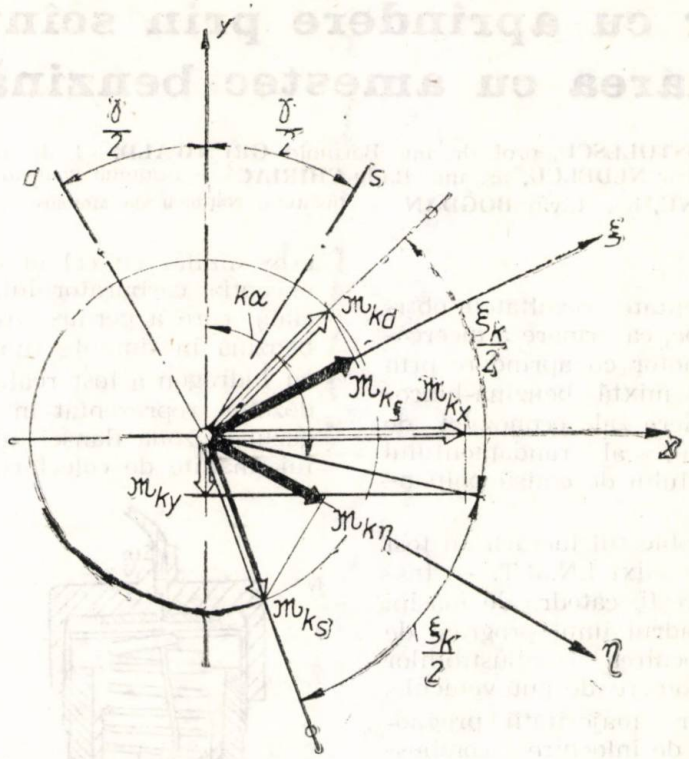


Fig. 5 Momentele externe care dezechilibrează motorul în „V".

4. Relațiile de calcul prezentate în lucrare permit determinarea tuturor elementelor referitoare la echiilibrajul unui motor în „V", echipat cu mecanisme de tip normal și axat.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Manea, C., Papuc, F.*: Cu privire la echilibrajul și alegerea soluției arborelui cotit al motoarelor cu șase cilindri în V și în patru timpi. Lucrarea VII, i. Conferința de Motoare cu Ardere Internă, București, 1970.

[2] *Silvestru, C., ș.a.*: Echilibrajul motoarelor în V cu cilindri intercalați. Lucrarea VII, k. Conferința de Motoare cu Ardere Internă, București, 1970.

[3] *Taraza, D.*: Dinamica motoarelor cu ardere internă. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1985.

CZ : 621.431

Cercetări preliminare privind adaptarea unui motor cu aprindere prin scînteie la funcționarea cu amestec benzină-hidrogen

Prof. dr. ing. Nicolae **APOSTOLESCU**, prof. dr. ing. Berthold **GRÜNWALD**, ș.l. dr. ing. Nicolae **NEGURESCU**, ș.l. dr. ing. Dumitru **NEDELCU**, as. ing. Radu **CHIRIAC** — Institutul Politehnic București
Dr. ing. Dragoș **SFINȚEANU**, ing. Liviu **BOGDAN** — Institutul Național de Motoare Termice București

Introducere

În lucrare sînt prezentate rezultatele obținute pe standul pe probe, ca urmare a încercărilor efectuate cu un motor cu aprindere prin scînteie cu alimentare mixtă benzină-hidrogen, din punctul de vedere al economiei de combustibil covențional, al randamentului termodinamic și al nivelului de emisii poluante.

Cercetările care fac obiectul lucrării au fost efectuate de un colectiv mixt I.N.M.T. — Institutul Politehnic București, catedra de mașini termice și cazane, în cadrul unui program de perspectivă privind înlocuirea combustibililor convenționali pentru motoare de autovehicule.

Conform concluziilor majorității prognozelor privind tendințele de înlocuire a combustibililor petrolieri, în funcție de rata epuizării acestora, pentru domeniul mijloacelor de transport sînt prevăzute două etape strategice :

— în prima perioadă (anii 2000—2050) vor continua să fie în funcție autovehicule echipate cu motoare adaptate pentru funcționarea cu combustibili neconvenționali, din rîndul cărora se evidențiază metanolul, hidrogenul și gazul de petrol lichefiat ;

— în etapa a 2-a (anii 2050—2100) ponderea autovehiculelor cu combustibili neconvenționali va fi predominantă, urmînd ca la sfîrșitul perioadei autovehiculele „clasice" să dispară complet.

Prima etapă va fi caracterizată atît de activitățile privind introducerea, testarea și omologarea noilor combustibili, cît și de economisirea severă a combustibililor convenționali. Din acest ultim punct de vedere, una din soluțiile posibile este utilizarea sistemului mixt de alimentare a motorului : combustil petrolier + combustibil neconvențional. În acest cadru se înscriu cercetările efectuate de autorii lucrării.

Instalația experimetală.

Determinările epexrimentale au fost efectuate cu un motor monocilindric, tip DACIA 1300 (prin demontarea a trei echipaje mobile și reechilibrarea în consecință a maselor pieselor respective). Sistemul de alimentare cu benzină este similar cu cel al motorului original, cu excepția carburatorului, de construcție specială, care a permis reglajul dozajului aer-benzină în timpul funcționării. Alimentarea cu hidrogen a fost realizată cu ajutorul unui dozator, reprezentat în figura 1, care livrează gazul în zona flanșei inferioare a carburatorului, înainte de colectorul de admisie. Reglarea

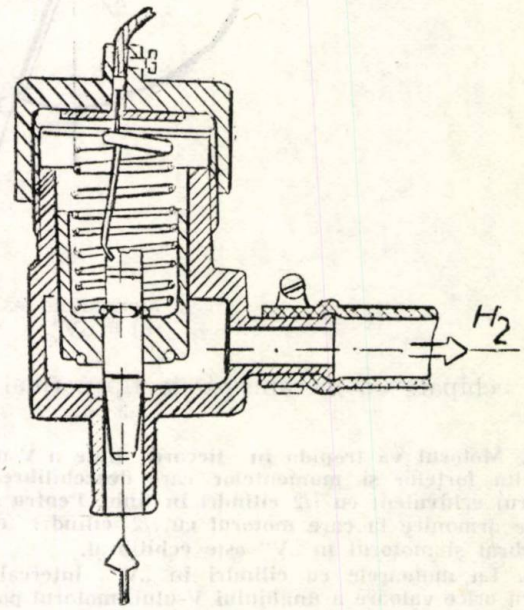


Fig. 1 Dozator de hidrogen.

dozării a fost efectuată manual, în vederea obținerii unor anumite proporții benzină-hidrogen (în etapele finale ale cercetării dozarea hidrogenului va fi efectuată automat, de cablul de accelerație al motorului). Schema instalației de încercare, prezentată în figura 2, conține stația de distribuție a hidrogenului (recipienți de gaz sub presiune și dispozitivele de reglare și control al presiunii), conducta magistrală de alimentare cu hidrogen a motorului (inclusiv aparatele și dispozitivele de măsură, control dozare și siguranță) și grupul motor — frînă hidraulică (inclusiv echipamentele auxiliare pentru măsurarea consumurilor de aer și benzină și pentru înregistrarea diagramelor indicate).

Metodica încercărilor

Sistemul mixt de alimentare (benzină-hidrogen) este caracterizat prin gradul de înlocuire a benzinei prin hidrogen, din punctul de vedere al echivalenței energetice. Acest parametru poate fi exprimat în două moduri :

a) ca valoare absolută :

$$Q_E = G_{H_2} \cdot P_{ci_{H_2}} \text{ [kcal/h], unde :}$$

G_{H_2} — debitul de hidrogen [kg/h];

$P_{ci_{H_2}}$ — puterea calorifică inferioară a hidrogenului [kcal/kg].

b) ca raport, sub formă procentuală :

$$\gamma = \frac{G_{H_2} \cdot P_{ci_{H_2}}}{G_{IB} \cdot P_{ci_B}} \cdot 100 \text{ [\%], unde :}$$

G_{IB} — consumul orar al motorului alimentat integral cu benzină [kg/h];

P_{ci_B} — puterea calorifică inferioară a benzinei [kcal/kg].

Alți parametri caracteristici sistemului de alimentare mixtă sînt :

— economia absolută de benzină :

$$E_B = G_{IB} - G_B \text{ [kg/h],}$$

unde G_B — consumul orar de benzină de la un anumit regim, în cazul alimentării mixte [kg/h] ;

— economia relativă de benzină :

$$e_B = \frac{E_B}{G_{IB}} \text{ [\%] ;}$$

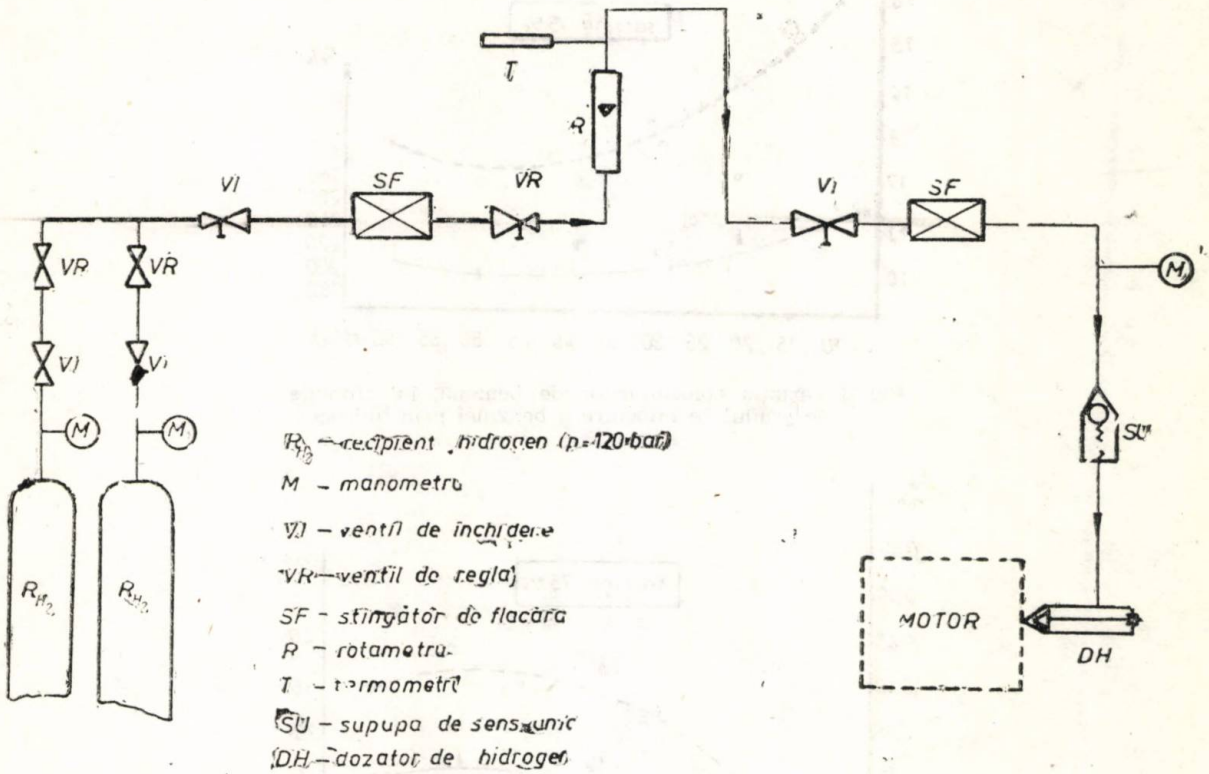


Fig. 2 Schema standului de probe și a instalațiilor auxiliare.

— radamentul termodinamic al motorului cu alimentare mixtă :

$$\eta_t = \frac{P_e}{G_B \cdot P_{ciB} + G_{H_2} \cdot P_{ci_{H_2}}},$$

unde P_e — puterea efectivă dezvoltată de motor, la un anumit regim, în cazul alimentării mixte.

Rezultatele încercărilor

În baza măsurărilor efectuate și a determinării parametrilor specificați, pentru sarcina motorului de 75%, au fost trasate următoarele diagrame:

— variația consumului orar și a consumului specific de benzină (figura 3) ;

— variațiile economiilor absolută și relativă de benzină (figura 4) ;

— variația randamentului termic (figura 5) ;

— variația concentrației de CO, hidrocarburi (propan) și oxizi de azot (figura 6) ;

— variația presiunii maxime în cilindru (figura 7) ;

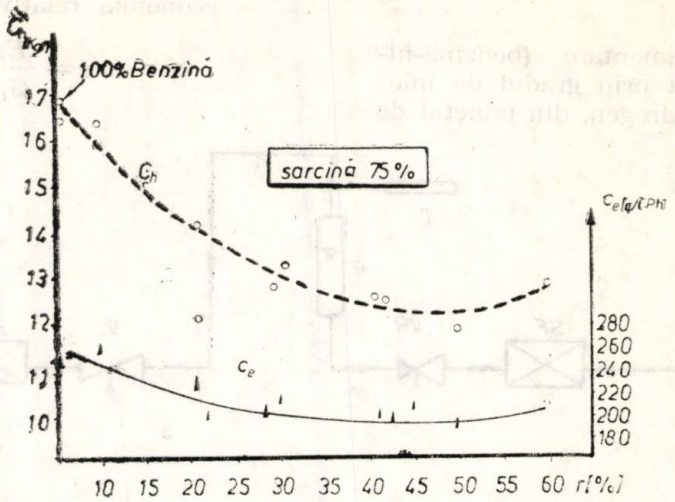


Fig. 3 Variația consumurilor de benzină, în funcție de gradul de înlocuire a benzinei prin hidrogen.

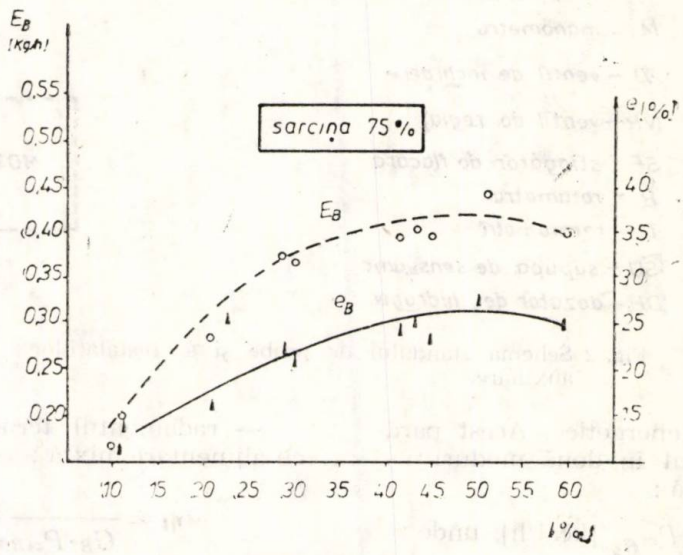


Fig. 4 Variațiile economiilor absolută și relativă de benzină, în funcție de gradul de înlocuire a benzinei.

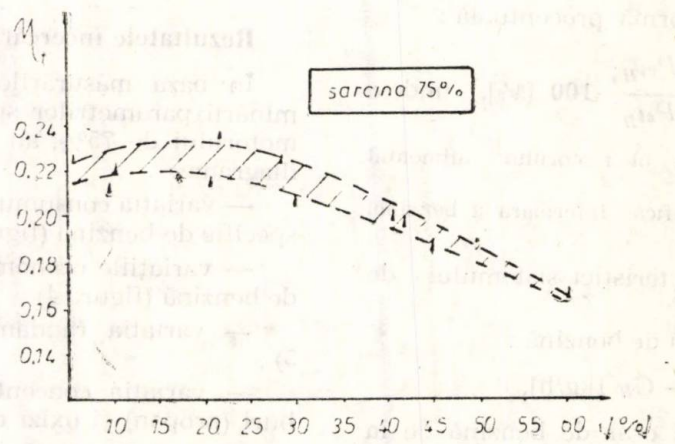


Fig. 5 Variația randamentului termic, în funcție de gradul de înlocuire a benzinei.

Variațiile parametrilor menționați au fost trasate în funcție de gradul de înlocuire a benzinei prin hidrogen (din punct de vedere energetic).

Diagramele evidențiază următoarele aspecte :

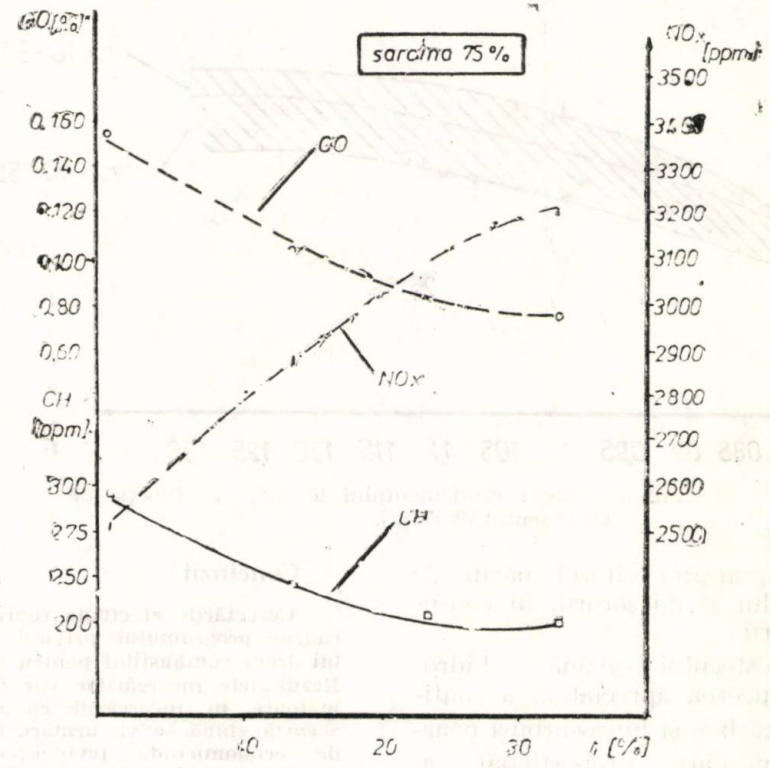


Fig. 6 Variațiile concentrațiilor de CO, hidrogen și oxizi de azot, în funcție de gradul de înlocuire a benzinei.

— gradul de înlocuire a benzinei prin hidrogen a variat în cursul încercărilor în limitele 0—60% ;

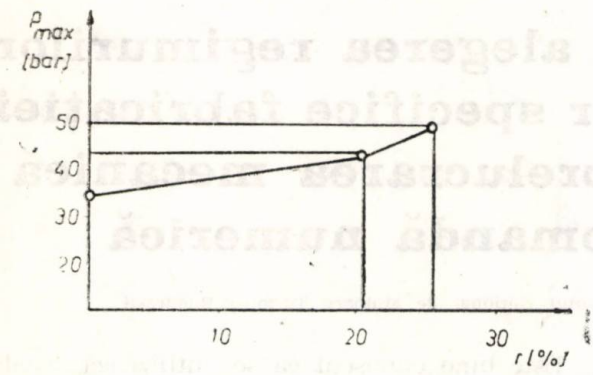


Fig. 7 Variația presiunii maxime în cilindru, în funcție de gradul de înlocuire a benzinei.

— indicii de economicitate maximă în sistemul de alimentare mixtă benzină — hidrogen, pentru regimul de 75 % sarcină, au fost :

— economia absolută de benzină $E_B = 0{,}46$ kg/h;
— economia relativă de benzină $e_B = 28$ %.

Aceste valori au fost realizate corespunzător unor grade de înlocuire a benzinei de 40—45 % ;

— variația randamentului termic prezintă un maxim corespunzător valorilor gradului de înlocuire a benzinei $r = 20$—25 %. Pentru valori $r > 50$ %, randamentul scade sensibil, corelat cu tendința de scădere a economicității (economia absolută și relativă de benzină);

— dozajul amestecului aer-combustibil are o influență considerabilă asupra eficienței motorului cu alimentare mixtă benzină — hidrogen. Acest fapt rezultă din diagrama statistică din figura 8, în care este reprezentată variația randamentului termic în funcție de coeficientul de exces de aer. Pentru amestecuri bogate, influența hidrogenului este neglijabilă. Economiile (absolută și relativă) de benzină sînt neînsemnate, iar randamentul prezintă valori foarte mici, cu reducere accentuată odată cu mărirea gradului de înlocuire a benzinei, datorită creșterii corespunzătoare a cantității de combustibil nears. Calitățile hidrogenului sînt puse în evidență la dozaje sărace ($\lambda \geqslant 1 \ldots 1{,}04$). Din acest punct de vedere, diagrama din figura 8 evidențiază limitarea posibilităților de alimentare integrală cu benzină la valori $\lambda = 1 \ldots 1{,}04$, domeniul dozajelor $\lambda > 1{,}04$ fiind accesibil numai prin alimentare mixtă benzină — hidrogen (pentru valori relativ ridicate ale randamentului termodinamic) ;

— alimentarea cu hidrogen conduce la o creștere sensibilă a presiunii maxime a gazelor de ardere și a gradientului de creștere a presiunii (fig. 7), corespunzător vitezei mărite de ardere a hidrogenului și micșorării, în consecință, a duratei arderii ;

— utilizarea amestecului benzină — hidrogen conduce la reducerea apreciabilă a conținutului de oxid de carbon și hidrocarburi nearse în gazele de evacuare, proporțional cu creșterea gradului de înlocuire a benzinei prin hidrogen (fig. 7). Conținutul de oxizi de azot prezintă o creștere cu gradul de înlocuire datorită creșterii regimului de temperatură în timpul arderii (reflectată prin creșterea temperaturii gazelor evacuate).

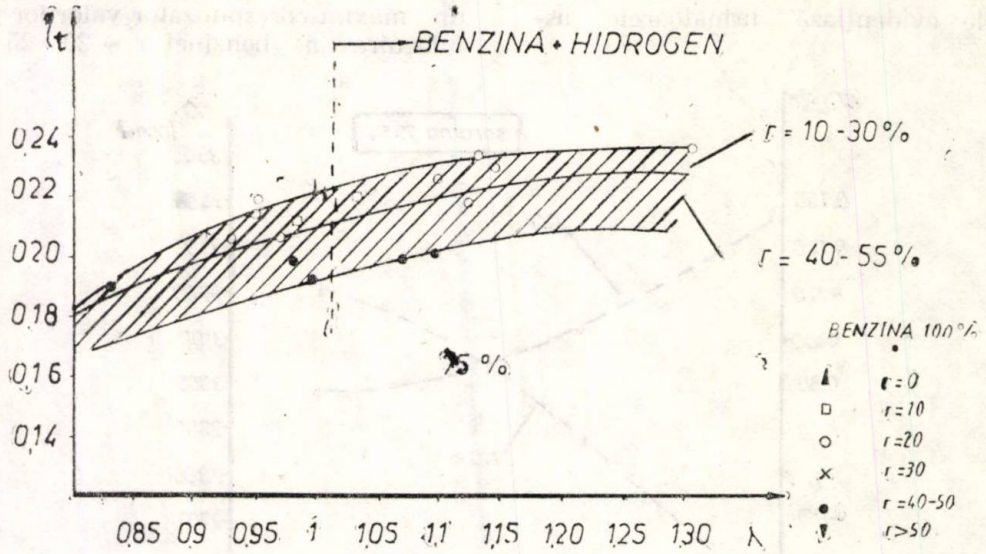


Fig. 8 Variația randamentului termic, în funcție de coeficientul de dozaj.

Concluzii

Cercetările efectuate reprezintă o primă etapă în cadrul programului privind introducerea hidrogenului drept combustibil pentru motoare de autovehicule. Rezultatele încercărilor vor fi utilizate în etapa următoare, în încercările cu motor policilindric. În această etapă se va urmări, în domeniul preferențial de economicitate (evidențiat în prima etapă), optimizarea funcționării motorului cu doi combustibili, din punctul de vedere al eficienței arderii și nivelului emisiilor poluante, considerînd ca parametri de bază proporția de hidrogen și avansul la producerea scînteii.

CZ : 621.91.06 : 62-52

Metodă numerică pentru alegerea regimurilor de așchiere a materialelor specifice fabricației de motoare termice, la prelucrarea mecanică pe mașinile unelte cu comandă numerică

Ing. Dumitru **VĂRZARU**, ing. Alexandru **VASILIU** — Institutul Național de Motoare Termice București

Criterii de alegere a regimurilor de așchiere la prelucrările pe mașinile-unelte cu comandă numerică

Alegerea regimurilor de așchiere la prelucrările pe mașinile-unelte cu comandă numerică prezintă unele particularități prin aceea că, față de mașinile-unelte similare, fără comandă numerică, apar condiții suplimentare.

Este bine cunoscut că se utilizează scule prereglate la cotele de prelucrare necesare pieselor care se realizează pe astfel de mașini. Criteriul sculei sau sculelor limitative (cu uzura cea mai rapidă) este dezavantajos din punct de vedere economic în acest caz, deoarece atrage întreruperi pentru ascuțirea, prereglarea și procurarea de portscule suplimentare necesare înlocuirii repetate a acestora. Pentru

înlăturarea acestor dificultăți, apare necesară posibilitatea rezolvării problemei sculelor limitative prin indicarea unor regimuri de așchiere riguros calculate, care să conducă la durabilități impuse, corespunzătoare tuturor sculelor din setul prereglat necesar executării unui lot de piese date, indiferent de complexitatea și numărul prelucrărilor prin așchiere necesare.

Asemenea posibilitate există și necesită un număr de încercări de așchiere pe un același material pentru determinarea coeficienților caracteristici de prelucrabilitate ai acestuia. Metoda va fi expusă, în cadrul lucrării de față, care își propune rezolvarea problemei și (în special) pentru unele materiale cu prelucrabilitate redusă sau foarte redusă, utilizate în construcția de motoare termice moderne.

Elaborarea algoritmului matematic și programului de calcul pentru regimurile de așchiere

În vederea stabilirii numărului de încercări necesare fiecărui tip de prelucrare, pentru a se furniza date suficiente rezolvării problemei care formează subiectul prezentei lucrări, se impune elaborarea unui algoritm matematic de calcul și elaborarea unui program pentru calculator, care să răspundă tuturor situațiilor apărute (regimuri de așchiere la durabilități impuse, concrete ale mașinilor-unelte cu comandă numerică).

În conformitate cu cele ce se vor prezenta în capitolul următor, cu privire la rezolvarea problemei de calcul al parametrilor C, m, x și y din formula :

$$V = \frac{C}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \qquad (1)$$

aceasta a fost rezolvată pe calculatorul de birou HP 9830 A.

La elaborarea algoritmului matematic de rezolvare, s-a pornit de la formula (1) care a fost logaritmată. Astfel se obține un sistem de patru ecuații cu patru necunoscute (**C**, m, x, y).

$$\ln C - m \ln T1 - x \ln t1 - y \ln S1 = \ln V1$$

$$\ln C - m \ln T2 - x \ln t2 - y \ln S2 = \ln V2$$

$$\ln C - m \ln T3 - x \ln t3 - y \ln S3 = \ln V3$$

$$\ln C - m \ln T4 - x \ln t4 - y \ln S4 = \ln V4$$

unde T_i, t_i, S_i, V_i se obțin din măsurări experimentale. Acest sistem de ecuații s-a rezolvat prin metoda matematică a matricei inverse. Această metodă are la bază formula generală :

$$X = A^{-1} \cdot b$$

unde : X — matricea necunoscutelor, în cazul nostru :

$$X = \begin{vmatrix} \ln c \\ m \\ x \\ y \end{vmatrix}$$

A^{-1} — inversa matricei coeficienților necunoscutelor

$$A = \begin{vmatrix} 1 & -\ln T1 & -\ln t1 & -\ln S1 \\ 1 & -\ln T2 & -\ln t2 & -\ln S2 \\ 1 & -\ln T3 & -\ln t3 & -\ln S3 \\ 1 & -\ln T4 & -\ln t4 & -\ln S4 \end{vmatrix}$$

b — matricea termenilor liberi

$$b = \begin{vmatrix} \ln V1 \\ \ln V2 \\ \ln V3 \\ \ln V4 \end{vmatrix}$$

În baza acestui algoritm matematic s-a realizat un program de calcul, care poate fi consultat la cerere.

Acest program conține și un subprogram de adaptare la parametrii reali (efectivi) de așchiere. Necesitatea acestei „adaptări" s-a impus din faptul că avansurile și vitezele (turațiile) calculate nu sînt întocmai celei de pe mașina-unealtă cu comandă numeriçă, iar în al doilea rînd durabilitatea sculelor trebuie să fie aceeași, pentru ca toate să fie ascuțite și prereglate după un interval de timp dat. Astfel a fost aleasă ca durabilitate generală $T = 60$ min., pentru exemplificare, durabilitatea impusă putînd fi modificată la valoarea necesară în procesul de producție. Optimizarea se realizează în trei iterații :

— în prima iterație se stabilesc viteza de așchiere și adîncimea de așchiere, din calcul (făcut pe baza formulei (1) cu C, m, x și y calculați în faza anterioară) rezultă avansul ;

— în a doua iterație în baza avansului calculat la iterația I, se alege avansul cel mai apropiat, care corespunde pe mașina pe care se va face prelucrarea ; se recalculează viteza de așchiere (turația);

— în a treia iterație, în baza vitezei de așchiere calculate la iterația 2, se alege turația cea mai apropiată de la mașina-unealtă, împreună cu avansul de la mașină prestabilit la iterația 2, se recalculează adîncimea de așchiere.

În finalul subprogramului de „adaptare" se obțin :

— viteza de așchiere ;

— turația de la mașină ;

— avansul de la mașină ;

— adîncimea de așchiere (cu excepția procesului de găurire).

Aceste calcule sînt foarte utile din cauză că ele dau valori precise, care se pot aplica direct pe mașina-unealtă, nemaiputîndu-se introduce erori din cauza aproximațiilor. Totodată, oferă posibilitatea obținerii durabilității tuturor sculelor la o valoare dată, impusă de condițiile de execuție ale unui lot de piese. Programul are avantajul că poate furniza regimuri de așchiere optimizate, pentru orice durabilitate impusă sculelor așchietoare.

Metodologia de lucru cu această metodă de determinare a regimurilor de așchiere necesare mașinilor-unelte cu comandă numerică

Aplicarea acestei metode se realizează în două faze : faza practică și faza numerică.

a) Faza practică :

— pentru a furniza datele necesare programului de calcul al regimurilor de așchiere (expus în capitolul anterior), sînt necesare un număr de 4 încercări, pe materialul pentru care se determină regimul de așchiere, în cazul frezării sau strunjirii, și 3 încercări în cazul găuririi. Se aleg 4 regimuri diferite de așchiere și se determină 4 durabilități ale sculei. Conform datelor din literatura de specialitate și recomandărilor ISO—TC 29 /WG—22/3, criteriul de durabilitate a unei scule se consideră uzura pe fața de așezare **bx** cu valorile de 0,3 mm dacă uzura este regulată și de 0,5 mm dacă uzura este neuniformă. Vitezele de așchiere, avansurile, adîncimile de așchiere și durabilitățile astfel determinate în procesele de așchiere experimentale vor deveni date pentru programul de calcul, la faza următoare.

b) Faza numerică :

— printr-un proces conversațional (caracteristic limbajului MASIC), se introduc datele determinate la faza precedentă, iar ca rezultat al algoritmului vom obține valorile constantelor de material și proces tehnologic, C, x, m și y, în cazul frecării și strunjirii, și C, m și y în cazul găuririi. În continuare se trece la optimizarea procesului tehnologic indicîndu-se succesiv avansul de la mașina-unealtă și turația de la mașina unealtă.

Se vor obține datele procesului de așchiere optimizată : viteza de așchiere, turația mașinii-unelte, avansul mașinii-unelte, și adîncimea de așchiere. În continuare se prezintă un tabel cu valorile obținute pentru regimuri de așchiere, necesare unor materialelor specifice motoarelor termice, determinate în cadrul institutului nostru, prin această metodă.

Parametrii regimurilor de așchiere pentru materialele selectate
(T impus = 60 min.)

Tabelul 1

Nr. crt.	Materialul	Tipul prelucrării			T impus [min]	Parametrii regimului de așchiere			Obs.
		S	F	G		v [m/min]	s [mm/rot mm/ dinte]	t [mm]	
1	13 CN 30	×	—	—	60	65,97	0,25	0,94	
2	13 CN 30	—	×	—	60	71,47	0,01	2,30	
3	41 MoC 11	×	—	—	60	93,46	0,7	0,51	
4	41 MoC 11	—	×	—	60	120,95	0,065	2,15	
5	10 TNC 180	×	—	—	60	78,54	0,15	0,38	
6	10 TNC 180	—	×	—	60	39,58	0,01	2,94	
7	NIMONIC 90	×	—	—	60	23,56	0,04	0,90	
8	NIMONIC 90	—	×	—	60	8,48	0,08	1,00	
9	NIMONIC 90	—	—	×	60	6,28	0,015	—	$t = \varnothing/2$ burghiu
10	NIMONIC 108	×	—	—	60	12,56	0,015	0,84	
11	NIMONIC 108	—	×	—	60	6,78	0,015	0,86	
12	NIMONIC 108	—	—	×	60	4,38	0,015	—	$t = \varnothing/2$ burghiu
13	NIMONIC 115	×	—	—	60	10,68	0,01	1,00	
14	NIMONIC 115	—	×	—	60	5,65	0,02	1,1	
15	NIMONIC 115	—	—	×	60	2,5	manual	—	$t = \varnothing/2$ burghiu

BIBLIOGRAFIE

[1] *Vlase, A.:* Contribuții privind studiul prelucrabilității prin așchiere a oțelurilor inoxidabile de producție indigenă. (MEI — IPB — TCM Nr. .27863/29.11.1977).

[2] *Picoș, C.:* Calculul de prelucrare, Ed. tehnică, 1974.

[3] x x x: Wiggin Usinage des alliages de nickel. Publication, 2463 F.

[4] x x x: Cit-Alcatel — Productivitatea mașinilor unelte și optimizarea uzurii. G. Dureau, 1978.

[5] x x x : Sandvik-Coromant — Vahl der Drehwerkzeuge und Schnittdaten 1977.

CZ : 621.438

O metodă de calcul al curgerii spațiale din treapta turbinei axiale

Prof. dr. doc. ing. Victor **PIMSNER** as. ing. Dimitrie **NEGULESCU** — Institutul Politehnic București

Punerea problemei. Ipoteze de calcul

Problema directă a gazodinamicii, aplicată la treapta turbinei axiale, constă în calculul parametrilor curgerii spațiale în fiecare punct din interiorul treptei, la regim nominal. Se cunosc : geometria rețelelor treptei, debitul M_g vehiculat la nominal și condițiile de curgere, date în funcție de rază prin $[p^*, T^*, \alpha, \delta, K_m = f(r)]^{1m}$, într-o secțiune din amontele rețelei de stator.

Scopul calculului este determinarea parametrilor curgerii la ieșire din rețelele spațiale, în număr finit și de grosimea finită, precum și analizarea aspectelor curgerii din interiorul rețelelor. Analizînd alurile de variație obținute pentru viteze în canalul interpaletor, pe înălțimea și lățimea sa, precum și performanțele realizate de rețele, se pot opera corecții asupra condițiilor de curgere la intrare în treptă și asupra legilor de profilare a rețelelor.

În funcție de ipotezele în care se abordează calculul, vor rezulta cîmpuri de viteze și preformanțe ale rețelelor, respectiv trepte, mai apropiate sau mai depărtate de cele din curgerea reală.

Lucrarea consideră curgerea de bază din interiorul treptei, staționară, compresibilă și izentropică. Ultima condiție este o aproximare bună a regimului nominal al treptei de turbină, dimensionate pentru incidență optimă și avînd în eventualele zone de curgere supersonică, recomprimări prin unde slabe fără pierdere de p^*.

Condițiile de curgere din amonte (date ale problemei de calcul) pot fi de orice tip (potențiale sau rotaționale), iar fluidul de lucru este este ideal, cu R și K constante.

Soluția axial simetrică din planul meridian al rețelei de calcul, cu număr infinit de palete fără grosime

Metodologia utilizată pentru determinarea geometriei rețelelor (problema indirectă) cuprinde printre altele și calculul iterativ al curgerii axial-simetrice, din planul meridian (conține axa treptei) al unei rețele de calcul cu o infinitate de palete fără grosime. Acest calcul se repetă pentru diferite configurații ale rețelei de calcul, pînă se ajunge la interstițiile rețelei, la parametrii curgerii impuși de legea de profilare (o dată a problemei indirecte).

Ultima iterație a acestor calcule va stabili geometria finală a unei pînze spațiale, care va constitui scheletul de construcție al profilelor paletei reale și va furniza soluția axial-simetrică a curgerii din rețele, necesară pentru efectuarea calculului curgerii tridimensionale în rețeaua definită dimensional (problema directă).

În caz că această soluție a curgerii axial-simetrice nu este cunoscută, ea se va determina prin metodologia următoare.

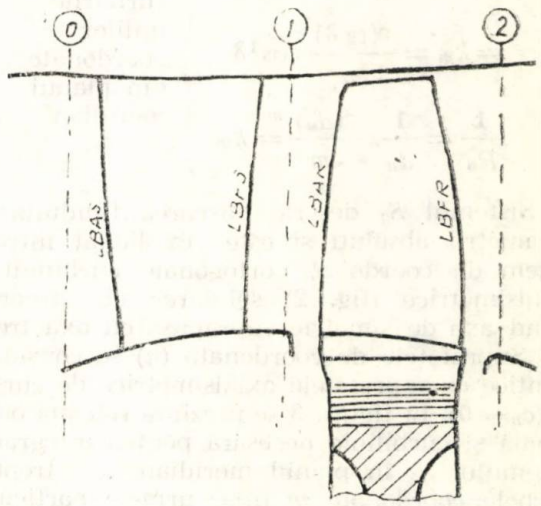


Fig. 1 Proiecția treptei turbinei axiale în planul meridian.

În figura 1 se prezintă proiecția treptei în planul meridian. Parametrii la intrare în stator au indicele 0 și la ieșire 1, iar la intrare/ieșire rotor au indicii 1, respectiv 2 (notațiile din interstițiile rețelelor). Pentru asigurarea

condițiilor impuse prin ipotezele simplificatorii admise și pentru crearea condițiilor necesare abordării calculului curgerii tridimensionale, se consideră spațiile axiale O-LBAS, LBFS-1, 1-LBAR și LBFR-2 desfășurate pe lungimi mai mari ca în realitate și anume pe 2—3 corzi ale rețelei considerate.

În ipotezele fixate, într-un punct $P_{(m,n)}$ din interstițiul rețelelor (zona fără palete) curgerea axialsimetrică este definită de sistemul S_1 [3], cu șase ecuații și cu cele șase necunoscute δ, c_u, c_m, T, P și ρ.

$$S_1 \begin{cases} \dfrac{\partial(rc_u)}{\partial m} = 0 & (1) \\ \dfrac{\partial i^*}{\partial m} = 0 & (2) \\ \dfrac{\partial c_m^2}{\partial n} + F_1(n)c_m^2 + F_2(n) = 0 & (3) \\ P \cdot T^{\frac{u}{1-u}} = P_0 T_0^{\frac{u}{1-u}} & (4) \\ \rho = P/RT & (5) \\ \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial(\rho r c_m)}{\partial m} + \rho\dfrac{c_m}{R_n} = 0 & (6) \end{cases}$$

$$F_1 n) = 2/R_m(n)$$

$$F_2(n) = 2\left[\frac{c_u}{r}\frac{\partial(rc_u)}{\partial n} - \frac{\partial i^*}{\partial n}\right]$$

$$\left.\begin{aligned} &\frac{1}{R_m} = \frac{1}{d_m}\frac{\partial(d_m)}{\partial n} \overset{not}{=} \\ &\overset{not}{=} k_m = \frac{\partial(\operatorname{tg}\delta)}{\partial a}\cos^3\delta \\ &\frac{1}{R_u} = \frac{1}{d_u}\frac{\partial(d_u)}{\partial m} \overset{not}{=} k_m \end{aligned}\right\} \text{curburile liniilor coordonate din planul meridian}$$

Sistemul S_1 descrie mișcarea fluidului în parametrii absoluți și este explicitat într-un sistem de coordonate ortogonale curbilinii și axialsimetrice (fig. 2) solidare cu treapta, având axa de simetrie suprapusă cu axa treptei. Suprafețele de coordonată (n) se consideră identice cu suprafețele axialsimetrice de curgere ($c_n = 0$). În figura 3 se prezintă rețeaua ortogonală și curbilinie necesară pentru integrarea sistemului S_1 în planul meridian al treptei. Curbele coordonate m fiind urmele particulelor ce traversează planul meridian, se numesc impropriu „linii de curent" și se determină iterativ, concomitent cu rezolvarea sistemului S_1.

Cunoscînd condiții la limită, sistemul devine integrabil, permițînd rezolvarea curgerii axial-simetrice din spațiul fără palete, pe fiecare curbă normală la „liniile de curent".

Parametrii curgerii de-a lungul primei normale 0 în figura 3 se determină în modul descris în continuare.

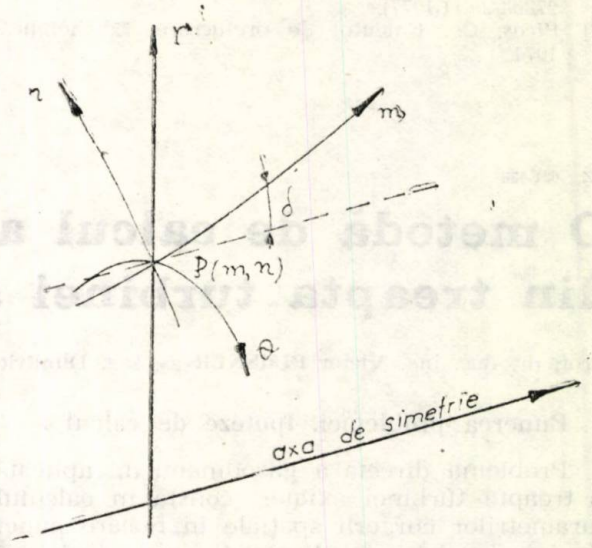


Fig. 2 Sistemul generalizat de coordonate curbilinii, ortogonale și axialsimetrice.

Cunoscînd din datele problemei directe $\dot{M}_g$ și variațiile $[p^*, T^*, \alpha$ (sau $c_u)$, R_m și $\delta = f(n)]^\circ$ se rezolvă sistemul de ecuații 3, 2, 4 și 5, din care se determină C_m, T, p și $\rho = f(n)$. Pe normala 0 din amonte, sistemul de ecuații s-a redus la 4×4, deoarece există condiții suplimentare impuse din temă.

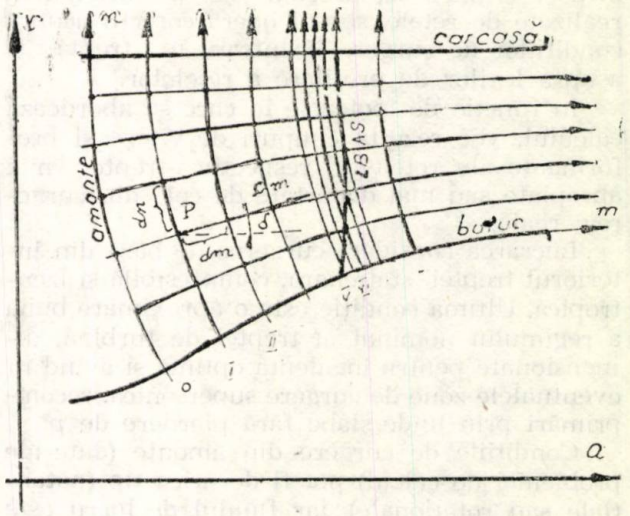


Fig. 3 Rețeaua de calcul a curgerii din interstițiu.

Integrarea ecuației diferențiale liniare de ordinul I conduce la relația :

$$c_m^2 = e^{-\int_0^n F_1(n)dn} \cdot \left[c_{m_0}^2 - \int_0^n \left(F_2(n) \cdot e^{\int_0^n F_1(n)dn}\right) dn\right] \quad (7)$$

Rezolvarea ei necesită impunerea vitezei C_{m0} la carcasa de la butuc a canalului, viteză care se verifică prin aplicarea continuității debitului pe întreaga secțiune de intrare :

$$\dot{M}_g = \int_0^{n_0^{max}} 2\pi r \rho \cdot c_m dn \qquad (8)$$

În final se obține și distribuția debitului pe prima normală $\dot{M}_g^0(n) = \int_0^n 2\pi\, \rho c_m \cdot dn$, utilizată în continuare drept condiție la limită, în cadrul metodei de integrare a sistemului S_1 pe domeniul interstițiului.

Integrarea sistemului S_1 se face iterativ, începînd cu estimarea „liniilor de curent meridian" în lungul interstițiului, de la normala 0 la o normală plasată după LBAS. Se trasează setul de normale la curgere (curbele coordonate n) și se obțin nodurile de calcul avînd r_i, δ_i, R_{mi} fixate prin estimarea liniilor de curent.

Urmează rezolvarea primelor cinci ecuații ale sistemului S_1, de-a lungul fiecărei normale la curgere, începînd cu prima de după normala 0 din amonte. Utilizînd condițiile la limită de pe normala anterioară, din ecuațiile 1, 2, 3, 4 și 5 se determină parametrii c_u, c_m, T, p și $\rho = f(n)$. Apoi se determină variația debitului de-a lungul fiecărei normale $\dot{M}_g(n) = \int_0^n 2\pi r \rho c_m \cdot dn$ și se verifică setul de linii de curent estimate inițial (deci și δ_i și R_{mi}) prin ecuația (6) integrată pe tuburile individuale de curent $\left(\int_0^n 2\pi r \rho c_m \cdot dn \equiv \dot{M}_g^0(n)\right)$

La abateri mari, se corectează setul de linii de curent în sensul necesar satisfacerii distribuției $\dot{M}_g^0(n)$ și se reiau calculele pînă la convergența soluției. Calculul parametrilor curgerii prin metoda de integrare prezentată cuprinde efectul influenței condițiilor din aval asupra parametrilor curgerii subsonice din amonte.

Pentru nodurile de calcul suprapuse cu LBAS se determină $\alpha_{BA} = \text{arc tg}\,(c_m/c_u)|^{LBAS}$ și se verifică unghiul $i^{opt} = \alpha_{BA} - \alpha_{of}$ (α_{of} fiind o dată a problemei directe — fig. 4) cu unghiul i^{opt} indicat în diagramele de proiectare [9, 10, 12], funcție de parametrii constructivi ai secțiunii considerate t/b, $\bar{d}$ și $\alpha_{of} - \alpha_{1f}$.

La abateri importante, se revine cu întregul calcul al curgerii din canalul 0→LBAS, cu modificarea adecvată a unghiurilor α și δ de-a lungul primei normale din amonte.

Obținerea valorilor lui i^{opt} definitivează calculul curgerii axial-simetrice din amontele date, pentru regimul nominal.

Urmează determinarea rețelei de calcul (cu palete fără grosime și infinite la număr), pentru care se cunoaște $\alpha'_{of} = \alpha_{BA}$ de-a lungul LBAS. Scheletul profilelor de calcul va avea și pentru unghiurile de fixare ale bordurilor de fugă $\alpha'_{1f} = \alpha^{+}_{BF}$ și se va trasa după metodologia utilizată la trasajul profilelor reale [1, 6, 9].

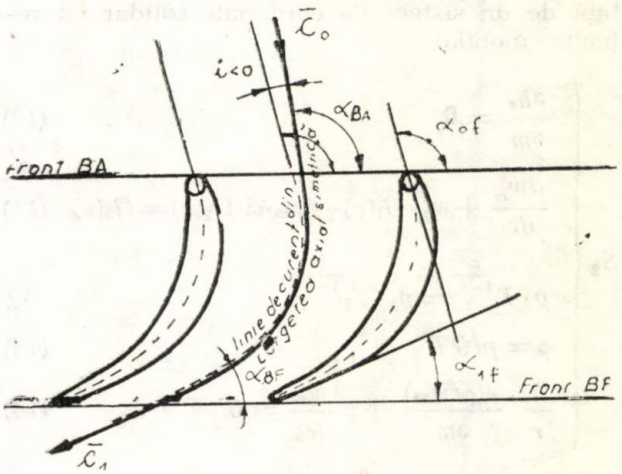


Fig. 4 Secțiunea transversală prin rețeaua reală și linia de curent axialsimetric corespunzătoare.

Pentru rețelele cu regim de curgere subcritic la ieșire se consideră α_{BF} *) $\approx \alpha_{1f}$ (α_{1f} este unghiul real de fixare), iar pentru cele cu regimul nominal supracritic în ajutajul oblic de la ieșire $\alpha_{BF} = \alpha_{1f} + \delta^*$, unde unghiul δ^* se determină din relația $\cos\delta^* = (1/\lambda_{c_1})\,[1 + (1 - p_1/p_{cr})/k]$. Regimul de curgere la ieșire din rețea fiind încă necunoscut în acest stadiu al calculelor, vor fi necesare calcule iterative și pentru curgerea din canalul interpaletar.

Se reprezintă în planul meridian geometria spațială a rețelelor de calcul obținute prin suprapunerea profilelor de calcul după modelul de suprapunere a profilelor reale. Reprezentarea se face printr-o familie de curbe meridiane, de parametrul θ, fiecare fiind intersecția suprafeței paletajului de calcul cu un plan meridian rotit cu unghiul θ față de planul de referință al sistemului de coordonate axialsimetrice și curbilinii (fig. 5). Geometria suprafeței determinate care va ghida curgerea din interiorul rețelelor se definește prin unghiurile α și $\lambda = f(m, n)$, α fiind unghiul de curgere definit de relația $\text{tg}\,\alpha = dm/rd\theta$ (9) iar λ unghiul format de tangenta la curba normală la curgere și curba meridiană θ prin punctul $P(m, n)$ considerat [2, 4].

Urmează calculul curgerii axial-simetrice din interiorul „rețelei" definite mai sus.

*) Aproximarea $\alpha_{BF} \approx \alpha_{1f}$ este justificată în cazul curgerii izentropice subsonice, iar valoarea unghiului α_{BF} se poate fixa definitiv numai după parcurgerea calculului curgerii din suprafețele de curent transversale, axialasimetrice (v. prg. 3), prin verificarea condiției Kutta-Jukovski la bordul de fugă.

Pentru generalizare, se prezintă sistemul de calcul al parametrilor curgerii din interiorul rotorului. În fiecare punct $P(m,n)$ sînt determinat parametrii curgerii relative δ, w_m, T, p și ρ din sistemul de cinci ecuații S_2, exprimat față de un sistem de cordonate solidar cu rețeaua mobilă.

$$S_2\begin{cases} \dfrac{\partial h_r}{\partial m}=0 & (10)\\ \dfrac{dw_m^2}{dc}+w_m^2\cdot G_1(c)-w_m\cdot\omega\cdot G_2(c)=G_3(c) & (11)\\ p\cdot T^{\frac{u}{1-u}}=p_1\cdot T_1^{\frac{u}{1-u}} & 12\\ \rho=p/RT & (13)\\ \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial(\rho r w_m)}{\partial m}+\rho\dfrac{w_m}{R_n}=0 & (14)\end{cases}$$

$$h_r=i+\frac{w^2}{2}-\frac{u^2}{2}=i^*-u\cdot c_u$$

$$G_1(c)=\left[\frac{2\sin^2\beta}{R_m}+\frac{\sin 2\beta}{r\cos\lambda}\frac{d(r\operatorname{ctg}\beta}{dp}\right]\cos\gamma$$

$$G_2(c)=2\frac{\sin 2\beta}{\cos\lambda}\frac{dr}{dp}\cos\gamma$$

$$G_3(c)=2\sin^2\beta\cdot C(n)\cos\gamma$$

$$C(n)=\frac{\partial h_r}{\partial n}$$

Componenta W_u rezultă din ecuația $W_u=-W_m\operatorname{ctg}\beta$, cu β fixat de „rețeaua de calcul" prin relația (9). Utilizînd ecuația de mișcare după direcția circumferențială $r\cdot f_u=w_m\cdot\partial(rw_u+\omega r^2)/\partial m$, se determină componenta tangențială f_u a forței specifice imprimate de paletele „rețelei" fluidului în punctul $P(m, n)$.

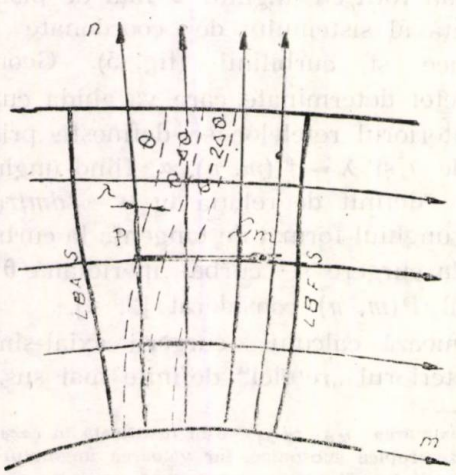


Fig. 5 Rețeua de calcul a curgerii din planul meridian al zonei cu palete.

Operatorul d/d_p este un operator de derivare după direcția curbelor meridiane de parametru θ: $\dfrac{d}{dp}=\cos\lambda\left|\dfrac{\partial}{\partial u}+\operatorname{tg}\lambda\dfrac{\partial}{\partial m}\right|$

Ecuația (11) se integrează după o direcție caracteristică, ce formează unghiul γ cu tangenta locală a curbei coordonate n. Direcția caracteristică se determină din relația $tg\ \gamma=\cos^2\beta\cdot\operatorname{tg}\lambda$ iar în lungul ei se definește operatorul de derivare $\dfrac{d}{dc}=\cos\gamma\left(\dfrac{\partial}{\partial u}+\operatorname{tg}\gamma\dfrac{\partial}{\partial m}\right)$

Ca și S_1, sistemul S_2 se rezolvă iterativ : se estimează liniile de curent (deci și δ și R_m)... și se verifică în final prin ecuația (14), cu deosebirea că pentru cazul general ecuația diferențială (11) nu are o soluție închisă, integrarea fiind posibilă numai numeric, în lungul curbelor caracteristice (avînd elementul de lungime d_c). Pentru anumite cazuri particulare, se găsesc soluții închise și calculele se simplifică. De exemplu, pentru „palete" normale, la suprafețele axial-simetrice de curgere ($\lambda=\gamma=0$), direcțiile caracteristice se confundă cu normalele la curgerea din canal și integrarea sistemului se face după modelul indicat la S_1.

Operînd substituțiile $w_m=c_m$, $\beta=\alpha$, $w_u=c_u$, $h_r=i^*$ și $\omega=0$ se obține sistemul S_2, aplicabil pentru calculul curgerii axial-simetrice din rețeaua fixă. Integrînd sistemul S_2 cu utilizarea condițiilor la limită, se determină parametrii curgerii axial-simetrice din întreg domeniul interior al rețelei. La LBFS, respectiv LBFR, se transformă parametrii curgerii în parametrii curgerii absolute și se continuă calculul curgerii, aplicînd S_1 pînă în zona de intrare în rețeaua următoare (LBAS sau LBAR), respectiv pînă în secțiunea de ieșire 2 din treaptă.

Astfel s-a obținut soluția curgerii axial-simetrice din planul meridian, pentru regimul nominal al treptei cunoscute dimensional (soluția nu conține influența grosimii profilului, nici variațiile curgerii pe lățimea canalului interpaletar și, fiind dependentă de α^*_{BF}, care trebuie să satisfacă și alte condiții ale curgerii din planul tranversal, poate fi necesară recalcularea ei pentru alte unghiuri $\alpha^{\pm}_{BF}$).

Calculul curgerii cvasitridimensionale din rețeaua cunoscută dimensional

Metoda constă în descompunerea curgerii din rețea în mai multe curgeri bidimensionale, pe suprafețe de curent axial-simetrice. Aceste suprafețe includ și interstițiile cu o lungime axială amplificată (fig. 6 și prg. 2), necesară pentru crearea uniformizării circumferențiale a curgerii din secțiunile 0, 1 și 2, unde se face racordarea cu soluția axial-simetrică din

planul meridian. Se studiază curgerea fluidului prin rețeaua cu număr finit de palete, de grosime și formă cunoscută. Curgerea se desfășoară pe suprafețele de curent axial-simetrice, rezultate prin δ și $1/R_m = f(n)$ ale soluției axial-simetrice (prg. 2). Calculele se eperează pe aceste suprafețe desfășurate în plan, ceea ce implică aproximarea lor apriorică cu suprafețe cilindrice sau conice. Rezultă un tub de curent desfășurat (fig. 6), asupra căruia se aplică metoda fileurilor de curent. Metoda este iterativă și este indicată pentru calculul curgerii prin rețele încărcate, cu desime mare și curbură pronunțată a profilelor din rețea.

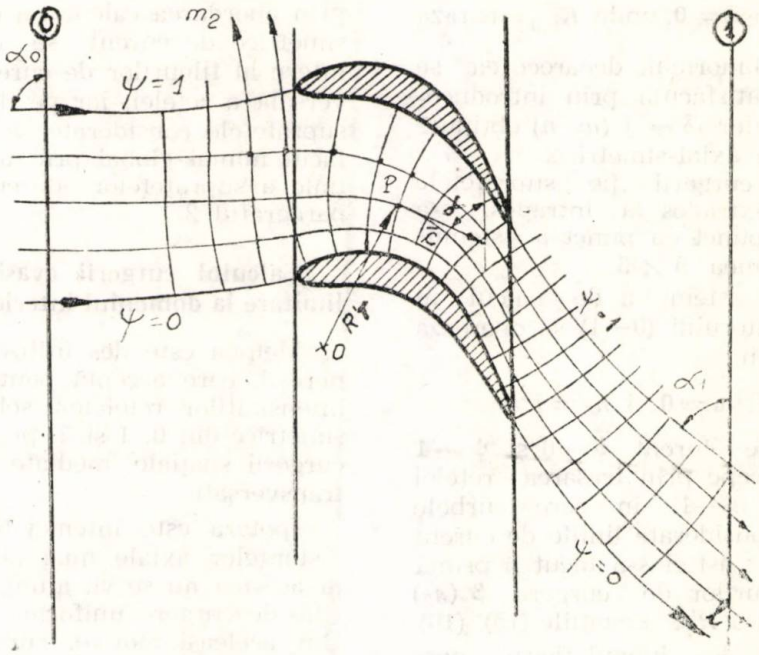


Fig. 6 Rețeaua de calcul a curgerii din suprafața de curent considerată axial-simetrică și desfășurată în plan.

Pentru fiecare secțiune desfășurată, se cunosc unghiurile α_0 și α_1 ale curgerii uniformizate circumferențial în secțiunile 0 și 1. Valorile lor sînt furnizate de soluția axial-simetrică. Alura liniilor de curent marginale $\psi = 0$ și $\psi = 1$ se stabilește în primă aproximație, după date experimentale. Pentru curgerea cilindrică ele sînt congruente, pentru curgerea conică — divergente. Exactitatea acestor frontiere fluide, prin care se transmite curgerii din canal influența celorlalte profile din rețeaua prelungită la infinit prin desfășurare, va determina corectitudinea rezultatelor curgerii din vecinătatea bordurilor de atac și fugă. Dacă prezintă interes numai curgerea din interiorul canalului interpaletor, liniile de curent $\psi = 0$ și $\psi = 1$ se pot trasa aproximativ și nu va fi nevoie de un calcul iterativ de corectare a lor (după anumite criterii), deoarece perturbația produsă de inexactitatea acestor frontiere se amortizează pînă în zona interioară a „canalului".

Sistemul de ecuații care definește curgerea într-un punct din domeniul rotorului (1→2) se scrie sub forma S_3 [4, 8] :

$$S_3 \begin{cases} \dfrac{\partial w}{\partial n_2} + \dfrac{w}{R'_T} - 2\omega \sin \delta = 0 & (15) \\ \dfrac{\partial h_r}{\partial l} = 0 & (16) \\ p \cdot T^{\frac{u}{1-u}} = p_1 \cdot T_1^{\frac{u}{1-u}} & (17) \\ \rho = p/RT & (18) \\ \Delta h \cdot dn_2 \cdot \rho \cdot w = \text{ct pe tubul elementar de curent} & (19) \end{cases}$$

Ecuațiile sînt scrise față de un sistem de coordonate ortogonale și curbilinii n_2—1, fixat cu paletajul. Necunoscutele curgerii în punctul considerat sînt : β, w, T, P și ρ. Soluția axial-simetrică fiind cunoscută (prg. 2), valorile δ și Δh vor fi date în fiecare nod de calcul.

Înălțimea elementară Δh este distanța dintre două suprafețe axial-simetrice de curgere, de-a lungul căreia parametrii curgerii se consideră independenți de coordonata n_1 (curba coordonată n_1 fiind normală la suprafețele de curgere desfășurate). R'_t este raza de curbură

a liniilor de curent din suprafața de curgere (fig. 6). Nu se utilizează a VI-a ecuație a curgerii spațiale (echilibrul după n_1) $\frac{\partial w}{\partial n_1} + \frac{w}{R'_{MR}} - 2\omega \cos\beta \cos\delta = 0$, unde R'_{RM} este raza curbură din planul binormal, deoarece ea se consideră automat satisfăcută prin introducerea în calcul a valorilor $\delta = f(m, n)$ obținute din calculul curgerii axial-simetrice.

Astfel, calculul curgerii pe suprafețele transversale, de la extrados la intrados, s-a redus la rezolvarea punct cu punct a sistemului S_3, cu dimensiunea 5×5.

Pentru obținerea sistemului de calcul al curgerii din zona statorului (0→1) se operează următoarele substituții :

$$w = c\,;\ \beta = \alpha\,;\ \omega = 0 \text{ și } h_r = i^*$$

Considerînd liniile de curent $\psi = 0$ și $\psi = 1$ fixate, rezolvarea începe prin trasarea rețelei ortogonale de calcul n_2—1, în care curbele coordonate (1) sînt considerate liniile de curent din planul de calcul ; astfel s-a făcut o primă aproximare a unghiurilor de curgere $\beta\ (n_2)$ și a razelor de curbură R'_T. Ecuațiile (15), (16), 17 și (18) se rezolvă de-a lungul fiecărei normale la curgere (curbe coordonate n_2), de la $\psi = 0$ la $\psi = 1$.

Integrarea ecuației (15) conduce la ecuația :

$$w(n_2) = e^{-\int_0^{n_2} \frac{dn_2}{R'_T}} \left[w_0 + \int_0^{n_2} \left(2\omega \sin\delta \cdot e^{\int_0^{n_2} \frac{dn_2}{R'_T}} \right) dn_2 \right] \qquad (20)$$

în care W_0 se determină din condiția satisfacerii debitului total:

$$\Delta h \cdot \rho \cdot w \cdot \sin\beta \cdot t \Big|^{\text{joc}} = \int_0^{n_2\,\max} \Delta h \cdot \rho \cdot w \cdot dn_2$$

Din ecuațiile (16), (17) și (18) se determină T, p și ρ. Se repetă calculele pentru fiecare normală la curgerea din canal, iar în final, cu ecuația (19) și utilizînd datele de pe prima normală, se verifică liniile de curent estimate (deci și β și R'_T).

Pentru corectare se revine la trasajul rețelei n_2—1 de calcul. După determinarea parametrilor curgerii în tot canalul, se verifică liniile de curent estimate inițial $\psi = 0$ și $\psi = 1$, prin verificarea condiției de circulație nulă de-a lungul unor contururi închise, plasate de probă în zona tubului de curent din exteriorul rețelei. Această etapă conține și verificarea unghiurilor α^*_{BF} sau α^*_1, estimate în paragraful 2.

Prin suprapunerea distribuțiilor de presiuni și viteze obținute pe fiecare din suprafețele de curgere considerate, se obține cîmpul cvasitridimensional al curgerii prin rețea. Rezultatele obținute sînt cvasitridimensionale, deoarece prin abordarea calculului pe suprafețele axial-simetrice de curent se consideră echilibrul intern al fileurilor de curent pe direcția transversală a rețelei, iar pe direcția normală la suprafețele considerate, echilibrul este satisfăcut numai global prin utilizarea formei spațiale a suprafețelor de curent, rezultate din paragraful 2.

Calculul curgerii cvasitridimensionale, cu limitare la domeniul interior al canalului rețelei

Metoda este deș utilizată în lucrările inginerești, care acceptă pentru întreaga zonă a intensităților rețelelor, soluția curgerii axial-simetrice din 0, 1 și 2, prg. 2. (Este o soluție a curgerii spațiale, mediate în timp și în spațiu transversal).

Ipoteza este întemeiată, deoarece, datorită distanțelor axiale mici ale interstițiilor reale, în acestea nu se va ajunge niciodată la condițiile de curgere uniformă presupuse în prg. 3. Din aceleași motive, curgerea din apropierea bordurilor de atac și fugă va fi în realitate puternic nestaționară, ceea ce face ca ipotezele pentru care s-au dedus ecuațiile de calcul să fie mai apropiate de realitate în zona interioară a rețelei (fig. 7). Astfel, calculul va da rezultate aproximative pentru zonele din apropierea bordurilor de atac sau fugă și cu foarte bună exac-

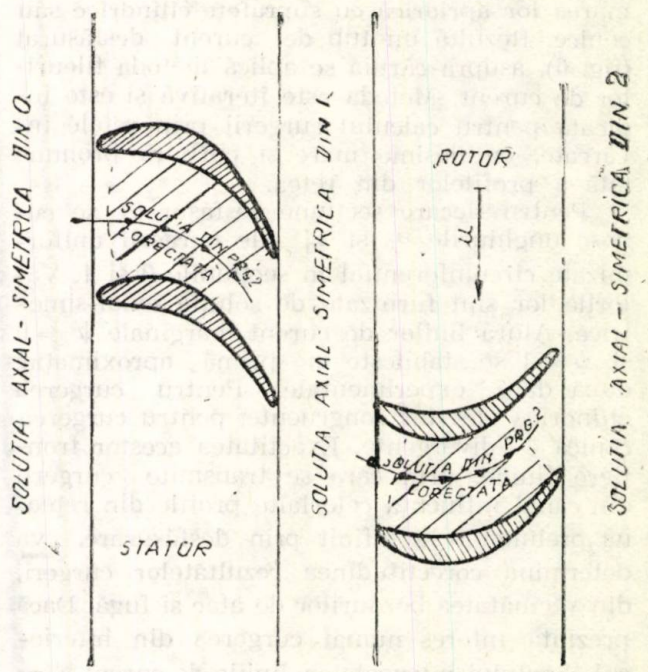


Fig. 7 Domeniile de aplicare în interiorul treptei turbinei axiale a diferitelor soluții ale curgerii tridimensionale simplificate.

titate în zonele centrale ale „canalului", de interes pentru depistarea eventualelor desprinderi și pentru analizarea unor fenomene secundare, neconsiderate în metodele de calcul prezentate.

Se presupune cunoscută soluția curgerii axialsimetrice (prg. 2). Rezultatele ei se corectează pentru a se ține cont de dimensiunea reală a celor Z_p palete. În acest scop, se utilizează relațiile din prg. 2, care definesc geometria rețelei de calcul prin β, $\lambda = f(a, r)$ și relația de calcul a grosimii paletelor reale $S = f(a, r)$, care este o dată a problemei. Rezultă factorul de corecție $COR < 1$ [2], având expresia :

$$COR(a, r) = 1 - \frac{Z_p \cdot S}{2\pi r \sin\beta} \sqrt{1 + \cos^2\beta \cdot \mathrm{tg}^2\lambda} \qquad (21)$$

cu care se vor relua calculele din prg. 2, pentru determinarea soluției axial-simetrice corectate, necesară calculului de racordare cu soluția din suprafețele transversale ale curgerii cvasitridimensionale, desfășurate în plan.

Reluarea calculelor presupune rezolvarea sistemului S_2 cu necunoscutele δ, W_m, T, p și ρ, dar utilizînd ecuațiile de continutate a debitului corectate cu factorul COR.

Pentru debitul total se va utiliza relația $\dot{M}_j = 2\pi \int_0^{c^v} \rho \cdot r \cdot COR \cdot \bar{w}_m \cdot \cos\gamma \cdot dc$, iar în urma calculelor vor rezulta vitezele corectate $\bar{w}_m$, $\bar{w}_u$ mai mari și parametrii $\bar{p}$, $\bar{T}$, $\bar{\rho}$ mai mici față de valorile corespunzătoare calculului cu număr infinit de palete fără grosime.

Calculul curgerii din suprafețele axial-simetrice desfășurate în plan, se efectuează pe domeniul „canal", prezentat punctat în figura 7. Aceasta implică rezolvarea sistemului S_3 (prg. 3) cu o simplificare suplimentară, întemeiată de observația următoare : întrucît în domeniul precizat nu mai pot exista variații imprevizibile ale liniilor de curent (ele pot apărea în zona bordurilor de atac și fugă), se consideră o variație liniară a curburilor de-a lungul normalei (n_2), de la extrados la intrados, iar prin aceasta sistemul de rezolvat s-a redus la 4×4 cu necunoscutele C, T, p, ρ (pentru rotor : W, T, p, ρ). Unghiurile curgerii α (l, n_2) sau β (l, n_2) vor fi date prin liniile de curent fixate, nemaifiind necesară verificarea continuității debitului pe tuburile individuale de curent (ecuația (19) nu se mai utilizează). Pe fiecare normală la curgere, avînd lungimea b, se obține distribuția de viteze din ecuația (20), considerînd constanta de integrare W extrados. Determinarea exactă a lui W_{ext} se face prin verificarea debitului global al pînzei de curent considerate, cu valoarea rezultată din calculul curgerii axial-simetrice corectate, deci:

$$\int_0^1 \Delta h \cdot \rho \cdot w \cdot d\left(\frac{n_2}{b}\right) = (\Delta\bar{h}) \cdot \bar{\rho} \cdot \sqrt{\bar{w}_m^2 + \bar{w}_u^2} \qquad (22)$$

Chiar și în cazul unor suprafețe de curgere mult abătute de cele cilindrice, termenii înălțimii elementare Δh pot fi reduși în ambele expresii ale ecuației (22), fără a comite o eroare apreciabilă.

Metoda prezentată este cvasitridimensională, deoarece s-au considerat suprafețe axial-simetrice de curgere și pentru faptul că echilibrul complet al fileurilor de curent este satisfăcut numai pe suprafața de racordare la soluția axial-simetrică corectată (suprafața de tip S_v, plasată în centrul canalului interpaletelor, de la butuc la carcasă).

Pe suprafețele de curent S_v, apropiate de extradosul sau intradosul paletelor, condiția de echilibru după n_1 este aproximativă.

Concluzii

Prin operarea unor calcule de mediere asupra rezultatelor obținute pentru curgerea ideală cvasitridimensională din rețele, se vor obține performanțe mai bune ca în curgerea reală. Făcînd apel la date experimentale, metodele de calcul din prg. 2, 3 și 4 se pot completa, pentru a ține cont și de efectele frecării asupra curgerii din treaptă.

Scopul metodei prezentate nu este calculul exact al performanțelor, ci determinarea aspectului calitativ al curgerii din treapta turbinei axiale, necesar pentru depistarea unor zone de eventuale desprinderi și pentru analizarea fenomenelor secundare care apar în curgerea reală din interiorul treptei de turbină.

Notații utilizate

R [J/kgK] — constanta gazului;
k — exponentul adiabatic ;
P [N/m^2] — presiune statică absolută;
T [K^2 — temperatură absolută;
ρ [kg/m^3] — densitate;
i [J/kg] — entalpie specifică;
c [m/s] — viteza absolută;
w [m/s] — viteza relativă;
h_r [J/kg] — rotalpia specifică;
u [m/s] — viteza tangențială de transport;
ω [rad/s] — viteza unghiulară;
α, β, δ [°] — unghiuri ale vectorului vitezei;
θ, m, n — coordonate curbilinii axialsimetrice generalizate;
θ, a, r — coordonate cilindrice;
n_1, n_2, l — coordonate intrinseci;
R_T, R_{MR}, R_m, R_n [m] — raze de curbură;
Δh [m] — înălțime elementară;
b, t [m] — coarda și pasul profilului montat în rețea;
u, a, r, m, n — indici de precizare a direcției de proiectare în sistemul de coordonate utilizat;
* — notație (indice superior) pentru parametrii de stagnare.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Pimsner, V. și colectiv*: Procese în mașini ter-'mice cu palete. București, Editura Tehnică, 1986.
[2] *Vavra, M.H.*: Aero-Thermodynamics and Flow in Turbomachines. New York, London John Wiley, 1960.
[3] *Horlock, J.H.*: Axialkompressoren. — Karlsruhe Braun V. Anexa 3 Strscheletzky).
[4] *Eckert, Schenell*: Axial — und Radialkompressoren. Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer-Verlag, 1961.
[5] *Sockel, H.*: Kompressible Strömung in feststehenden und rotierenden Schaufelkanälen von Axialrädern. Österreich Ingenieur Archiv, 1964.
[6] *Johnes, A.I., Bullock, R.O.*: Aerodynamic design of axial flow compressors. Washington, D.C., Scientific and Technical Informations Division. 1965.
[7] *Carafoli, E., Constantinescu, V.N.*: Dinamica fluidelor incompresibile București, Editura Acamiei R.S.R., 1981.
[8] *Wu, C.H.*: A general theory of the three-dimensional flow in subsonic and supersonic turbomachines of axial-radial and mixed flow type. NACA TN 2604, 1952.
[9] *Cordes, G.*: Strömungstechnik der gasbeaufschlagten Axialturbine. Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer-Verlag, 1963.
[10] *Pimsner, V., Vasilescu, C.A., Rădulescu, Gh.*: Energetica turbomotoarelor cu arbere internă. București, Editura Academiei R.S.R., 1964.
[11] *Berbente, C., Constantinescu, N.V.*: Dinamica gazelor. Partea I și II, București, I.P.B., 1985.
[12] *Traupel, W.B.*: Thermodynamische Strömungstechnische Berechnungen. Berlin, Springer-Verlag, 1977.
[13] *Brochet, J., Veuillot, T.P., Boisseau, J.P., Enselme, M.*: Calcul de l'écoulement tridimensionel dans une roue mobile de soufflante. Mise en oeuvre sur un calculateur parallèle. ONERA TP 1981—120.
[14] *Messner, J., Sollinger, M., Mayer, J.*: Zur Berechnung der Strömung durch Turbomaschinen. Festchrift/65. Geburtstag Prof. dr.. ing. Jakob Wachter. Universität Stuttgart, 1985.

CZ : 534 : 621.431 : 621.436 : 621.165 : 621.438 : 621-135

Considerații privind aprecierea vibrațiilor mecanice ale mașinilor principale și auxiliare navale

Dr. ing. Florin **GROSU** — Registrul Naval Român

Generalități

Fenomenele vibratorii, care apar la bordul navei în exploatare, afectează în principal :

— rezistența la oboseală a structurii ;

— funcționarea mașinilor, mecanismelor și echipamentelor ;

— confortul personalului ambarcat.

Acțiunea simultană, asupra reducerii deplasamentului navei goale și asupra creșterii puterii instalației de mașini, odată cu ridicarea turației acestora, face ca spectrul frecvențelor excitatoare să se întrepătrundă tot mai mult cu cel al frecvențelor proprii și, în consecință, vibrațiile cu caracter dăunător să fie tot mai des întîlnite la bordul navelor.

Problema izolării și reducerii vibrațiilor devenind o parte integrantă a proiectării navei, apare evidentă necesitatea măsurării și analizării lor.

Relația excitație — răspuns, existentă în orice sistem elastic, permite clasificarea măsurărilor de vibrații în trei categorii principale și anume :

— măsurarea excitațiilor, în scopul identificării surselor perturbatoare și a legii de variație în timp a acestora ;

— măsurarea răspunsurilor, în scopul comparării acestora cu limitele admisibile stabilite prin standarde naționale și de ramură ;

— măsurarea concomitentă a excitațiilor și răspunsurilor, în scopul determinării caracteristicilor dinamice ale sistemului, eventual construirea unui model analitic al acestuia.

Mărimi măsurate

În măsurarea excitațiilor sau răspunsurilor unui sistem elastic intervin trei categorii de mărimi :

— caracterizînd mișcarea : deplasare, viteză, accelerație și deformație specifică dinamică (liniară sau unghiulară) ;

— caracterizînd solicitarea : forța, cuplu, presiune, tensiune (normală sau tangențială) ;

— conexe : frecvență, turație, unghi de fază, perioadă, interval de timp etc.

În funcție de legea variației în timp a mișcării și a excitației, putem avea fenomene sau vibrații periodice, aleatoare staționare, tranzitorii și aleatoare nestaționare.

Vibrația periodică este considerată mișcarea alternativă, a unei particule sau a unui corp, față de o poziție de referință, mișcarea repetîndu-se identic după anumite perioade de timp.

Descrierea în timp a vibrației periodice este redată în figura 1, în care am considerat cazul unei accelerații (tratarea fiind valabilă pentru orice oscilație periodică).

Analiza semnalului periodic $a\ (t)$ implică determinarea următoarelor mărimi :

— frecvența fundamentală :

$$f_0 = \frac{1}{T} \tag{1}$$

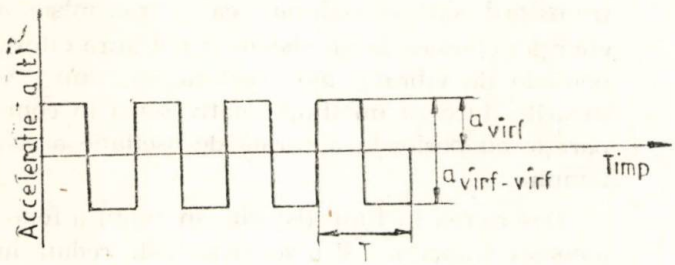


Fig. 1

— valoarea medie absolută (rectificată)

$$|a|_{med} = \frac{1}{T}\int_0^T |a(t)|\,dt \tag{2}$$

— valoarea eficace (rădăcina mediei pătratice)

$$a_{ef} = a_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T a^2(t)dt} \tag{3}$$

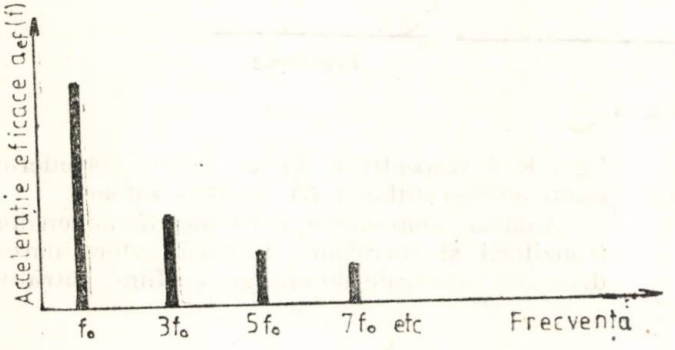


Fig. 2

Raționea majoră pentru utilizarea valorii eficace constă în relația simplă a acesteia cu puterea vibrațiilor.

Descrierea în frecvență a vibrației periodice este redată în figura 2, în care am considerat cazul valorii eficace a accelerației $a\ (t)$ reprezentată în figura 1, obținînd un spectru discret de frecvențe.

Componentele individuale de frecvență (armonicele) rezultă din descompunerea în serie Fourier a funcției periodice respective.

Pentru vibrațiile armonice prezintă interes determinarea amplitudinilor, frecvențelor și, uneori, a fazelor între diferitele mărimi.

Vibrația aleatoare staționară este considerată mișcarea vibratorie neregulată a unei particule sau a unui corp, mișcarea nerepetîndu-se identic după anumite perioade de timp, dar avînd caracteristici statistice care nu variază cu timpul.

Descrierea în timp a vibrației aleatoare staționare este redată în figura 3, în care am considerat cazul unei deplasări $x\ (t)$.

Analiza semnalului aleator staționar $x\ (t)$ implică determinarea următoarelor mărimi :

— densitatea de probabilitate a amplitudinii

$$p(x) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{P\,[x \leqslant x(t) \leqslant x + \Delta x]}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \lim_{T \to \infty} \frac{\Delta t}{T \Delta x} \tag{4}$$

unde $P\,[x \leqslant x(t) \leqslant x + \Delta x]$ este probabilitatea ca amplitudinea $x(t)$ să se găsească între valorile x și $x + \Delta x$

— valoarea medie

$$\bar{x} = \int_{-\infty}^{+\infty} x\ p\,(x)\ dx = \lim_{T \to \infty} \frac{1}{T}\int_0^T x\,(t)\ dt \tag{5}$$

— valoarea medie absolută (rectificată)

$$|x|_{med} = \lim_{T \to \infty} \frac{1}{T}\int_0^T |x(t)|\ dt \tag{6}$$

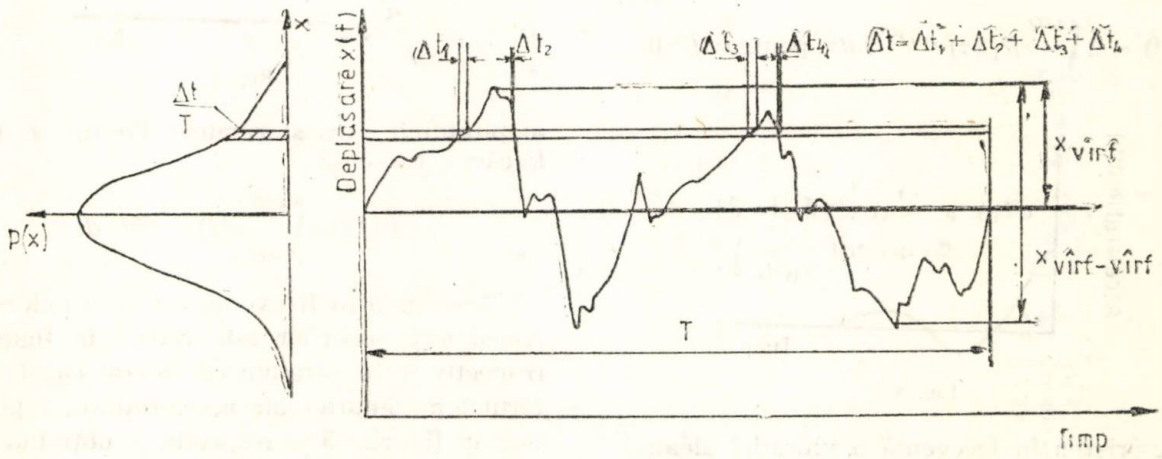


Fig. 3

— valoarea medie pătratică

$$\overline{x^2} = \int_{-\infty}^{+\infty} x^2\, p(x)\, dx = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T}\int_0^T x^2(t)\, dt \tag{7}$$

— dispersia

$$\sigma^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x-\bar{x})^2\, p(x)\, dx =$$

$$= \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T}\int_0^T [x(t)-\bar{x}]^2\, dt \tag{8}$$

— abaterea medie pătratică

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \tag{9}$$

cazul densității spectrale a mediei pătratice a deplasării x (t), reprezentată în figura 3, obținînd, de această dată, un spectru continuu de frecvențe.

Fenomene tranzitorii și șocuri. Fenomenele tranzitorii sînt considerate ca o transmisie a energiei cinetice la un sistem și pot dura cîteva peroade de vibrație ale acestuia, în timp ce șocurile durează un timp relativ scurt în comparație cu perioada naturală de oscilație a sistemului.

Descrierea în timp (istoria în timp) a fenomenelor tranzitorii și a șocurilor este redată în

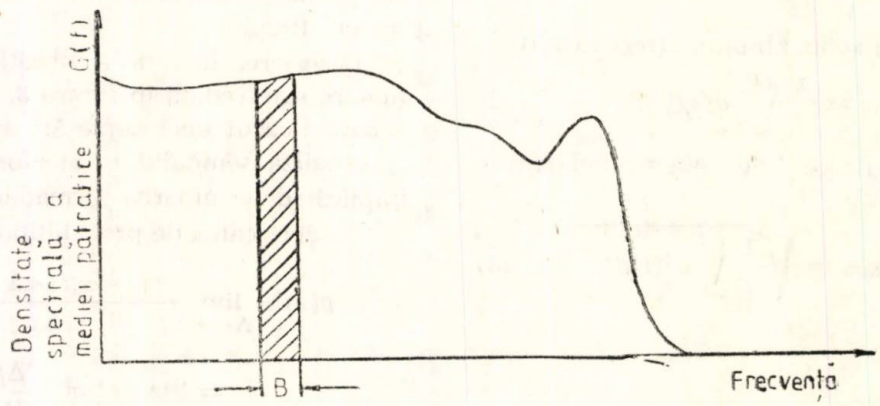


Fig. 4

— funcția de autocorelație

$$R_{11}(\tau) = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{+T/2} x(t_1)\cdot x(t_1+\tau)\, dt \tag{10}$$

care arată în ce măsură realizarea $x(t_1)$ seamănă cu ea însăși, după un interval de timp τ, cînd ea devine $x(t_1+\tau)$

— densitatea spectrală a mediei pătratice (densitatea spectrală de putere)

$$G(f) = 2\int_{-\infty}^{+\infty} R_{11}(\tau)\, e^{-i2\pi f\tau}\, d\tau \quad \text{pentru} \quad f>0 \tag{11}$$

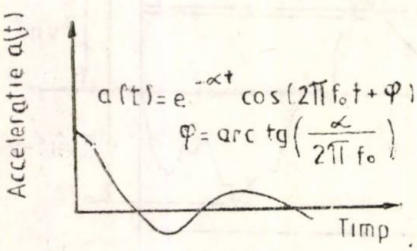


Fig. 5

Descrierea în frecvență a vibrației aleatoare este redată în figura 4, în care am considerat figurile 5 respectiv 6, în care am considerat cazul accelerațiilor a (t) corespunzătoare.

Analiza semnalelor a (t) ale fenomenelor tranzitorii și șocurilor implică determinarea densității spectrale de energie ca fiind pătratul

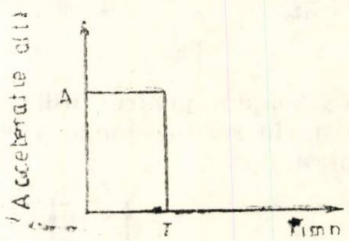


Fig. 6

amplitudinii transformatei Fourier F (f), la fiecare frecvență :

$$F(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} a(t)\, e^{-i2\pi ft}\, dt \tag{12}$$

Descrierea în frecvență a fenomenelor tranzitorii și a șocurilor este redată în figurile 7 respectiv 8, în care am considerat cazul transformatelor Fourier ale accelerațiilor, reprezentate în figurile 5 și respectiv 6, obținînd spectre continue de frecvențe.

Vibrația aleatoare nestaționară este considerată acea vibrație aleatoare cu caracteristici statistice care variază cu timpul, în intervale considerate esențiale pentru descrierea lor proprie.

Evaluarea nivelelor de vibrație

Teoretic, toate vibrațiile aleatoare întîlnite în practică sînt nestaționare, caracteristicile lor statistice variind cu timpul. Însă, din punct de vedere ingineresc, variația caracteristicilor

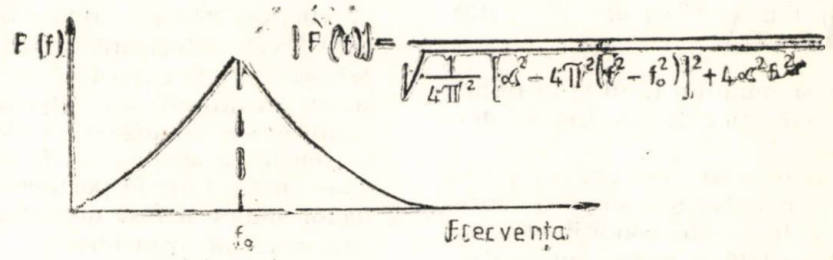


Fig. 7

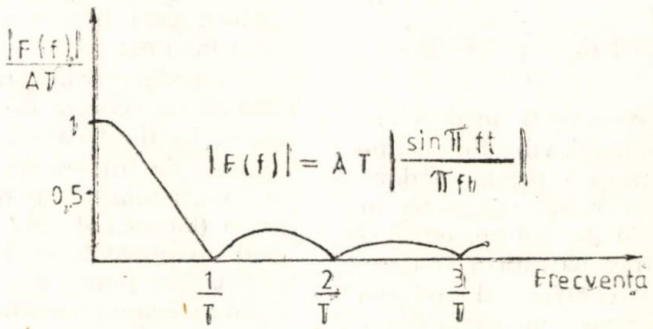


Fig. 8

Descrierea în timp și analiza semnalului aleator nestaționar a făcut necesară introducerea conceptelor de mediere în timp și de mediere în mulțime, redate în figura 9, în care

statistice poate fi atît de lentă, sau poate fi descrisă într-un asemenea mod, încît multe din fenomenele studiate pot fi considerate staționare în sens practic.

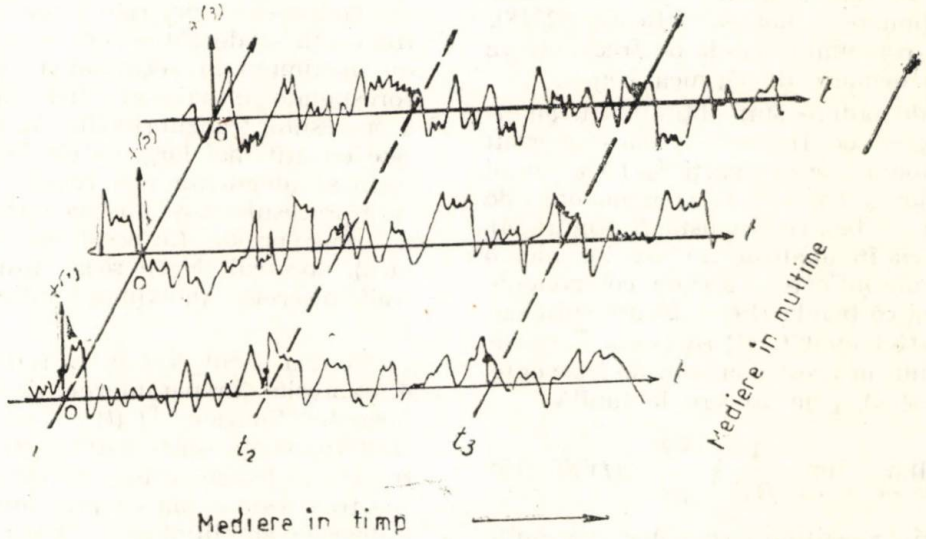


Fig. 9

am considerat cazul unei mulțimi de experimente repetate $x^{(1)}$, $x^{(2)}$, $x^{(3)}$, ... ale unei deplasări x (t).

Descrierea probabilistică a vibrației aleatoare staționare permite stabilirea unei relații între conceptul de valoare eficace (rădăcina

mediei pătratice) x_{RMS} (3) și cel de abatere medie pătratică σ (9). Considerînd un semnal aleator staționar cu valoarea medie $\bar{x} = 0$, din relația (8) obținem :

$$\sigma = \sqrt{\lim_{T\to\infty} \int_0^T x^2(t)\, dt} \qquad (13)$$

Valoarea eficace a semnalului fiind și în relație simplă cu puterea vibrației, are deci și o interpretare statistică.

Vibrațiile aleatoare staționare operează fizic numai cu frecvențe pozitive și funcția de autocorelație este pară. În aceste condiții considerînd $\tau = 0$ în relația (10) și transformata Fourier inversă a relației (11), obținem :

$$R_{11}(0) = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{+T/2} x^2(t)\, dt = \int_0^{+\infty} G(f)\, df \qquad (14)$$

Ambele aceste integrale reprezintă măsuri ale puterii implicate în fenomenul vibrator, prima în termenii funcției de timp x (t), iar a doua în termenii funcției de frecvență (respectiv în termeni densității spectrale de putere, adică a densității spectrale a mediei pătratice) G (f).

Expresia din membrul central al relației (14) prezintă strînsă asemănare cu pătratul expresiei (3), utilizată pentru a defini valoarea eficace (*RMS*) a unui semnal vibrator periodic. Aceasta înseamnă că descrierea unui semnal complex, în termenii valorii lui globale eficace (RMS), are aceeași semnificație, indiferent dacă fenomenul vibrator are un caracter periodic sau aleator staționar. Datorită spectrelor continue de frecvențe, produse de semnalele aleatoare staționare, valoarea eficace (*RMS*), măsurată într-o anumită bandă de frecvențe va depinde, prin urmare, de lățimea benzii.

Spectrele de putere sînt obținute cu analizoarele analogice de frecvențe, care permit măsurarea numai acelei părți f_B (t) a unui semnal complex f (t), avînd componente de frecvențe într-o bandă îngustă B (figura 4). Presupunînd că în analizor nu are loc nici o atenuare sau amplificare a acestor componente de frecvențe și că banda B este făcută suficient de îngustă, astfel încît G (f) să poată fi considerată constantă în acest domeniu de frecvențe, se obține din (14), prin trecere la limită :

$$G(f) = \lim_{B\to 0} \lim_{T\to\infty} \frac{1}{BT} \int_{-T/2}^{+T/2} f_B^2(t)\, dt \qquad (15)$$

Această ecuație constituie baza celor mai multe tehnici experimentale analogice, utilizate în analiza densității spectrale a mediei pătratice a semnalelor aleatoare staționare, deși lățimea de bandă actuală B utilizată trebuie, desigur, să fie finită, fără ca timpul de măsurare T să necesite a fi infinit. Densitatea spectrală de putere obținută va fi însă valabilă numai în condițiile unei lățimi de bandă B suficient de înguste, astfel încît să fie satisfăcută ipoteza de mai sus și anume că G (f) este aproximativ constantă în domeniul B. Din punct de vedere practic, aceasta este realizabilă în condițiile în care B este inferioară valorii de 1/3 din lățimea oricărui vîrf din spectrul care urmează a fi măsurat. În ultimii ani, alternativele digitale la analizoarele analogice au devenit competitive, în sensul că acestea pot fi încorporate ca hardware într-o unitate portabilă independentă. Un factor major a fost dezvoltarea așa numitului „algoritm al transformării Fourier rapide", care permite reducerea timpului de calcul al funcției de autocorelație, prin transformarea inversă a spectrului de putere, acesta fiind obținut prin transformarea Fourier a semnalului în timp.

Procedura transformării Fourier rapide realizează un spectru de lățime de bandă constantă, în timp ce, cu tehnica cunoscută sub numele de filtrare digitală recursivă, se obține un spectru de lățime de bandă procentual constantă (lățimea de bandă a filtrului reprezentînd un procent constant din frecvența sa centrală). Din punct de vedere practic, analiza de bandă constantă realizează o rezoluție mai bună la frecvențe înalte, fiind utilă pentru evidențierea componentelor spectrale pe o scală liniară, față de analiza de bandă procentual constantă, care, permițînd o reprezentare compactă a unei largi benzi de frecvențe, este cel mai des folosită în măsurarea vibrațiilor.

În cazul fenomenelor tranzitorii, din descrierea în frecvență (fig. 7), rezultă că mărimea componentelor spectrale tinde spre zero cînd frecvența scade către zero, spectrul prezentînd un maximum în vecinătatea valorii f_0, care corespunde aproximativ frecvenței de oscilație a procesului tranzitoriu (fig. 5). Acest maximum este cu atît mai larg, cu cît fenomenul tranzitoriu se atenuează mai repede. În situația în care procesul totuși nu încetează, apropiindu-se de unul periodic (în acest caz o vibrație armonică), spectrul degenerează într-o linie spectrală discretă (maximum infinit de îngust la f_0).

Pentru șocul descris în frecvență în figura 8, expresia din parantezele paralele ale transformatei Fourier $|F(t)|$ tinde spre unitate cînd frecvența scade către zero, astfel încît, la frecvențe foarte joase mărimea componentei spectrale este egală cu aria impulsului șocului (integrala amplitudine — timp din figura 6), independentă de forma impulsului. Din punct de vedere practic, aceasta înseamnă că, în cazul în care impulsul șocului este scurt în comparație cu perioada proprie a sistemului mecanic pe care acționează, severitatea șocului este determinată exclusiv de aria impulsului șocului.

Pentru a fi capabili să prezicem efectele fenomenelor vibratorii asupra sistemelor mecanice și a omului, nu este suficient să determinăm nivelul vibrator global în domeniul de frecvențe ce prezintă interes. Analiza de frecvență este necesară pentru identificarea componentelor individuale de frecvență care compun semnalul de bandă largă. După cum am menționat mai sus, descrierea în frecvență se realizează în termenii :

— valorilor eficace (*RMS*) ale diverselor componente pentru o vibrație periodică,

— funcției densității spectrale de putere pentru o vibrație aleatoare staționară,

— funcției densității spectrale de energie pentru un fenomen tranzitoriu și șoc.

Mișcarea vibratorie a unui punct poate fi definită prin deplasare, viteză sau accelerație, principal, toate aceste mărimi conținînd aceeași cantitate de informație. Totuși, examinarea spectrelor de frecvențe ale deplasării, vitezei și accelerației unei mașini rotative din figura 10 permite precizarea unor considerente cu caracter practic.

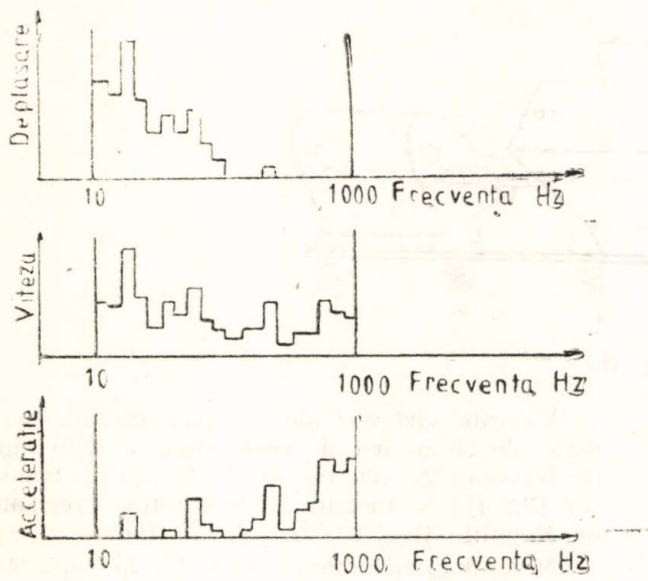


Fig. 10

Pentru o utilizare cît mai bună a gamei dinamice a instrumentației (diferența dintre valorile cele mai ridicate și cele mai scăzute), este avantajoasă alegerea acelui parametru care permite realizarea spectrului de frecvențe cel mai plat. Deplasarea este utilizată, în general, în domeniul frecvențelor joase, corespunzînd turațiilor de lucru ale mașinilor, fiind adesea un indicator de dezechilibru în părțile mecanice în rotație. Viteza oferă, în cea mai mare parte a cazurilor, un spectru aproximativ constant. Accceleratia este indicată, cu precădere, în domeniul frecvențelor înalte. Fiind acceptate ca o indicație a condiției mașinilor, nivelele componentelor spectrale ale vitezei vibrației reprezintă produsul dintre nivelele componentelor spectrale ale forței aplicate și cele ale mobilității sistemului (inversul impedanței mecanice a sistemului). Rezultă că nivelul înalt al compenentelor forțelor aplicate înmulțit cu nivelul redus al compenentelor mobilității sistemului poate conduce la nivelul redus al componentelor vitezei vibrației. Din punct de vedere practic, aceasta înseamnă, pe de o parte, că nivelele componentelor vitezei vibrațiilor nu sînt întotdeauna relevante și, pe de altă parte, deoarece pentru mașini similare mobilitatea într-un anumit punct poate diferi foarte mult, este ilogică utilizarea acelorași limite absolute ale nivelelor componentelor vibrațiilor pentru precizarea efectelor fenomenelor vibratorii. O indicație, mult mai sigură a condiției mașinilor, se obține referindu-ne la schimbările relative, adică specificînd fie un spectru de referință ca linie de bază, fie un nivel permițînd schimbări cu un anumit factor fix.

Criterii de severitate

Există numeroase recomandări, standarde și chiar reguli ale unor Societăți, de clasificare a navelor referitoare la criteriile de severitate a vibrațiilor. În continuare, se va face o trecere în revistă a acestor reglementări, limitîndu-se la cele cu aplicabilitate în construcția și exploatarea navelor și echipamentelor aferente.

Reguli Registrul Naval Român [5] *și Reguli Germanischer Lloyd* [10]. În cadrul condițiilor de mediu pentru funcționarea mașinilor, aparatelor și a celorlalte dispozitive, se precizează limite pentru valorile vîrf-vîrf ale componentelor spectrale ale deplasării și accelerației, în domeniul de frecvențe 2—100 Hz, cu frecvența de transfer 13,2 Hz. Aceste nivele de vibrații sînt considerate ca limite și pentru deplasările și accelerațiile la care pot fi supuse alte masini sau corpul navei, ca urmare a vibrațiilor și șocurilor produse de unele mașini.

Prescripțiile suplimentare RNR 39—86 (2.09) [14] prevăd încercarea echipamentelor de automatizare (control, comandă, indicare. semnalizare) la :

— șocuri, prin metoda descrisă în STAS 8393/16—79 (CEI 68—2—27/1972) ;

— zdruncinături, prin metoda descrisă în STAS 8393/18—70 ;

— vibrații, prin metoda descrisă în STAS 8393/19—81 (CEI 68—2—6/1982),

completînd, totodată, fiecare dintre aceste metode cu caracteristicile încercărilor specifice domeniului naval. Este interesant de menționat faptul că încercarea la vibrații se execută la nivelele precizate ca limite în alineatul precedent, cu diferența că domeniul de frecvențe este 2—80 Hz.

Recomandări Bureau Veritas [6]. Corespunzător efectelor datorate fenomenelor vibratorii care apar la bordul navei, Recomandările Bureau Veritas prevăd pentru :

— confortul echipajului, limite pentru valorile vîrf ale componentelor spectrale ale acceleraţiei, în domeniul de frecvenţe 0,33—50 Hz, pentru vibraţii verticale şi orizontale ;

— rezistenţa la oboseală a structurii, limite pentru valorile vîrf globale, simultan ale deplasării şi vitezei ;

— funcţionarea motoarelor diesel şi a maşinilor cu piston, a maşinilor rotative şi a liniilor de arbori la nivelul lagărelor, limite pentru valorile eficace (RMS) globale ale vitezei.

Instrucţiuni Det Norske Veritas [9]. Corespunzător efectelor datorate fenomenelor vibratorii care apar la bordul navei, Instrucţiunile Det Norske Veritas prevăd pentru :

— confortul echipajului, limite pentru valorile vîrf ale componentelor spectrale ale acceleraţiei şi vitezei în domeniul de frecvenţe 1—100 Hz, cu frecvenţa de transfer 5 Hz;

— funcţionarea maşinilor principale şi auxiliare, precum şi a mecanismelor şi echipamentelor, limite pentru valorile eficace (*RMS*) globale ale vitezei.

Standarde ISO [17], *BS* [1] *şi linii directoare VDI* [2]. Pentru funcţionarea maşinilor rotative, cu turaţii între 10 şi 200 rot/sec, se prevăd limite pentru valorile eficace (*RMS*) globale ale vitezei, în domeniul de frecvenţe 10—1000 Hz.

Mulţi ani de experienţă au demonstrat că aceleaşi limite pot fi utilizate şi în aprecierea valorilor eficace (RMS) ale componentelor spectrale ale vitezei [4].

Standarde STAS [11] *şi ISO* [12]. Pentru funcţionarea anumitor maşini electrice rotative, cu înălţimea axei arborilor, faţă de suprafaţa de aşezare, între 80 şi 400 mm, cu turaţii între 10 şi 60 rot/sec, se prevăd limite pentru valorile eficace (*RMS*) globale ale vitezei, la nivelul lagărelor, în domeniul de frecvenţe 10—1000 Hz.

Linii directoare VDI [13]. Pentru funcţionarea motoarelor şi compresoarelor cu piston, se prevede o limită pentru valoarea eficace (*RMS*) globală a vitezei, în domeniul de frecvenţe 2—300 Hz.

Limite de vibraţii pentru întreţinere CDA [16]. Pentru diverse tipuri de maşini şi mecanisme (turbine cu abur, compresoare, diesel-generatoare, separatoare de combustibil şi ulei, reductoare, pompe, ventilatoare, motoare electrice), în stare atît nouă cît şi uzată, sînt definite limite pentru valorile eficace (*RMS*) globale ale vitezei, la nivelul lagărelor, în domeniul de frecvenţe 10—10000 Hz, permiţînd o detectoare mult mai bună la frecvenţe mai înalte.

Eemple de măsurări de vibraţii la producători

Dieselgeneratorul GEN 390 M—E. În figura 11 sînt redate punctele de măsurare a vibraţiilor.

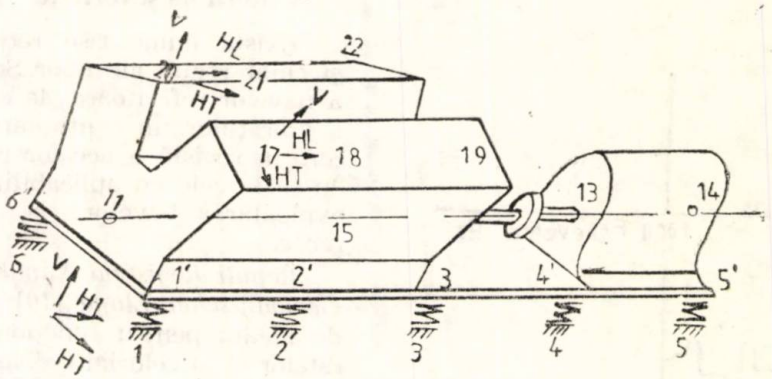


Fig. 11

Valorile vîrf-vîrf ale componentelor spectrale ale deplasării şi acceleraţiei, în domeniul de fecvenţe 2—100 Hz, cu frecvenţa de transfer 13,2 Hz, se încadrează în limitele precizate de Regulile Registrului Naval Român.

Nivelul global maxim vîrf-vîrf la deplasări fiind ±0,35 mm, măsurat în domeniul de frecvenţe 1—1000 Hz, inferior limitei de ±1 mm admise de Regulile Registrului Naval Român, nu a mai fost necesară analiza spectrului de frecvenţe pentru deplasări

Prin măsurarea componentelor spectrale vîrf-vîrf ale acceleraţiilor, în punctele 1 şi 1', în domeniul de frecvenţe 3—115 Hz, s-a verificat efectul de vibroizolare a amortizorilor AV 12 aleşi, nivelele maxime ale valorilor înregistrate fiind ±0,1.g şi, respectiv ±0,36.g, inferioare limitei de ±0,7.g admisă de Regulile Registrului Naval Român. Necesitatea analizei spectrului de frecvenţe a apărut datorită nivelului ridicat al semnalelor globale ±5,1.g, comparativ cu nivelul componentelor spectrale, în domeniul de frecvenţe 3—1000 Hz.

Turbina din ansamblul turbopompei de marfă TC 1,5/6618. Măsurările s-au efectuat la nivelul lagărelor reductorului de turație.

Nivelul global maxim vîrf-vîrf al deplasării fiind ±0,018 mm, măsurat în domeniul de frecvențe 20—40000 Hz, este inferior atît valorii ±0,025 mm, indicate ca maximă admisibilă de metoda de încercare a turbinei, elaborată de firma Shinkokinzoku Industries Co., Ltd., Japonia, cît și limitei de ± 1 mm admise de Regulile Registrului Naval Român, analiza spectrului de frecvențe ale deplasării nemaifiind necesară.

Nivelul maxim al componentelor spectrale vîrf-vîrf ale accelerației fiind ±0,1.g, măsurat în domeniul de frecvențe 20—108 Hz, este inferior limitei de ±0,7.g admise de Regulile Registrului Naval Român. Necesitatea analizei spectrului de frecvențe a apărut datorită nivelului ridicat al semnalului global ±13.g, comparativ cu nivelul componentelor spectrale, în domeniul de frecvențe 20—40000 Hz.

Concluzii

Din compararea criteriilor de severitate enumerate mai sus rezultă că, pentru aprecierea vibrațiilor ritatea reglementărilor existente impun viteza eficace mecanice ale mașinilor principale și auxiliare, majoritatea reglementărilor existente impun viteza eficace (*RMS*) ca parametru care urmează a fi măsurat [1], [2, 6, 9, 11, 12, 13, 16 și 17].

Necesitatea detectării componentelor spectrale, la frecvențe superioare, a condus la utilizarea unor domenii largi de frecvențe și anume 10—10000 Hz în CDA/MS/NVSH 107, 10—1000 Hz atît în ISO 2372, BS 4675 și VDI 2056 cît și în STAS 8681-78 și ISO 2373 iar 2—300 Hz în VDI 2063.

Faptul, că semnalele vibratorii sînt purtătoare de informații referitoare la funcționarea mașinilor, constituie justificarea utilizării măsurării și analizei regulate a vibrațiilor, ca un indicator al evoluției stării mașinilor și al necesității întreținerii lor.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x: Basis for specifying evalution standards for rotating machines with operating speeds from 10 to 200 revolutions per second, BS 4675: Part 1: 1976.

[2] x x x: Beurteilungsmasstäbe für mechanische Schwingungen von Maschinen, VDI 2056.

[3] x x x: Brüel & Kjaer, Application of B&K Equipment to Frequency Analysis, 1977.

[4] x x : Brüel & Kjaer, Machine-Health Monitoring, 1985.

[5] x x x: Brüel & Kjaer, Mechanical Vibration and Shoch Measurements, 1984.

[6] x x x: Bureau Veritas, Recommandations en vue de limiter les effets des vibrations a bord des navires, 1978.

[7] *Buzdugan, G., Mihăilecu E., Radeș, M.*: Vibration Measurement, Martinus Nijhoff Publishers, 1986.

[8] *Darabont, A., Iorga, I., Ciodaru, M.*: Măsurarea zgmootului și vibrațiilor în tehnică, Editura tehnică, 1983.

[9] x x x: Det Norske Veritas, Design and Classification on Roll on/Roll off Ships, 1980.

[10] x x x: Germanischer Lloyd, Vorschriften für Klassifikation und Bau von stählernen Seeschiffen, Band II, 1984.

[11] x x x: Mașini electrice rotative. Niveluri admisibile de vibrații, STAS 8681-78.

[12] x x x: Mechanical vibration of certain rotating electrical machinery with shaft heights between 80 and 400 mm. Measurement and evaluation of the vibration severity, ISO 2373—1974.

[13] x x x: Messung und Beurteilung mechanischer Schwingungen von Hubkolbenmotoren und — kompressoren, VDI 2063.

[14] x x x: Registrul Naval Român, Prescripții suplimentare la Reguli, 1986.

[15] x x x: Registrul Naval Român, Reguli pentru clasificarea și construcția navelor maritime, 1986.

[16] x x x: Vibration Limits for Maintenance, Canadian Government Specification, CDA/MS/NVSH 107.

[17] x x x: Vibrations mecaniques des machines ayant une vitesse de fonctionnement comprise entre 10 et 200 tr/s — Base pour l'elaboration des normes d'evaluation, ISO 2372—1974.

CZ : 621.431.73

Eficiența răcirii intermediare a aerului de admisie la un M.A.C. de mare putere pentru autovehicule

Prof. dr. ing. Dan **ABĂITĂNCEI**, conf. dr. ing. Gheorghe **RADU**, șef lucr. dr. ing. Anghel **CHIRU**, șef. lucr. Corneliu **COFARU**, asist. ing. Ion **PREDA**, ing. cercet Maria **ABĂITĂNCEI** — Universitatea din Brașov

Considerații generale

Turbosupraalimentarea motoarelor pentru autovehicule este un procedeu cu mare aplicabilitate pentru avantajele sale binecunoscute. Prin suaapalimentare se urmărește mărirea presiunii încărcăturii proaspete, la o valoare superioară mediului ambiant, pentru a mări densitatea încărcăturii reținute în cilindru și prin aceasta mărirea presiunii medii efective. Toate aceste elemente primare ale supraalimentării conduc la creșterea puterii motorului și la reducerea consumului de combustibil, ceea ce constituie de fapt scopul supraalimentării.

Evidențiind avantajele supraalimentării apar și o serie de probleme legate de regimul termic mai ridicat al motorului, cu consecințe negative asupra umplerii și fiabilității. Metoda cea mai eficace, pentru micșorarea nivelului ridicat

de temperaturi ale ciclului motor și a încărcării termice a pieselor motorului, o constituie introducerea răcirii intermediare a aerului de supraalimentare la ieșirea sa din suflantă.

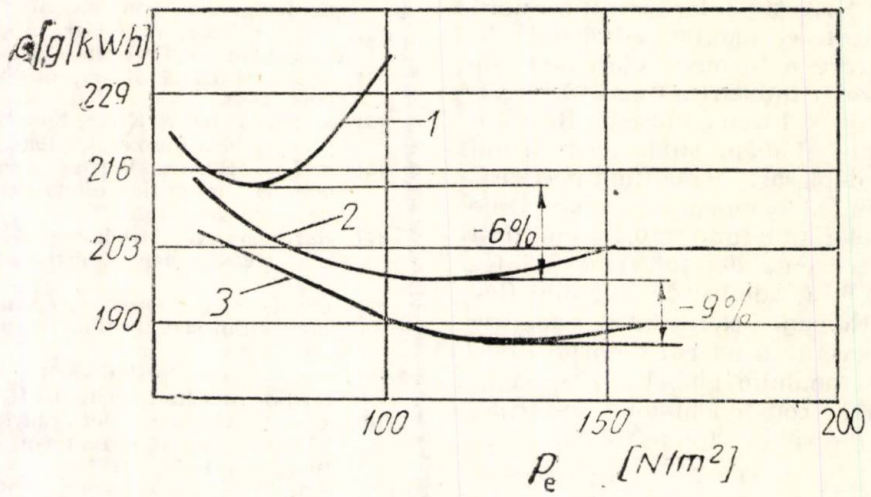


Fig. 1 Dependența consumului specific de combustibil de presiunea medie efectivă.

1 — motor cu aspirație naturală ; 2 — motor supraalimentat ; 3 — motor supraalimentat cu răcire intermediară ;

Răcirea intermediară a aerului debitat de suflantă conduce la creșterea puterii litrice a motorului, diminuarea consumului specific de combustibil, reducerea solicitărilor termice ale pistonului (60—70 K), scaunului supapei (55—60 K), cămășii cilindrului (10—20 K), camerei de ardere (40—50 K) etc., micșorarea emisiilor nocive din gazele de evacuare (CO scade cu 50 %, NOx cu 25 %, C_mH_n cu 50 %, față de motorul cu aspirație naturală). Se apreciază că la reducerea temperarturii aerului de supraalimentare cu 10 K, consumul specific indicat de combustibil scade cu 1,5 % (fig. 1).

Folosirea schimbătoarelor de căldură pentru răcirea aerului de admisie determină creșterea rezistențelor gazodinamice, a masei și a volumului motorului.

Pentru răcirea aerului de supraalimentare s-au dezvoltat două tipuri de schimbătoare de căldură apă-aer și aer-aer.

Aprecierea termodinamică a schimbătorului de căldură

Aprecierea schimbătorului de căldură intermediară se face în strînsă corelare cu turbosuflanta. În acest sens starea aerului este apreciată prin intermediul presiunii și temperaturii. Ambele mărimi sînt legate prin legea gazelor perfecte de densitate :

$$\rho = \frac{p}{RT} \qquad (1)$$

Procesele termodinamice în suflantă și în schimbătorul de căldură sînt prezentate calitativ, pentru două schimbătoare de căldură (A și B) în figura 2 [1].

Sporul maxim de presiune teoretic se poate obține într-un schimbător care răcește aerul de supraalimentare pînă la valoarea temperaturii de intrare a agentului de răcire. Deci :

$$\Delta p_{1\,max} = \frac{p_{1e}}{R}\left(\frac{1}{T_{2e}} - \frac{1}{T_{1e}}\right). \qquad (2)$$

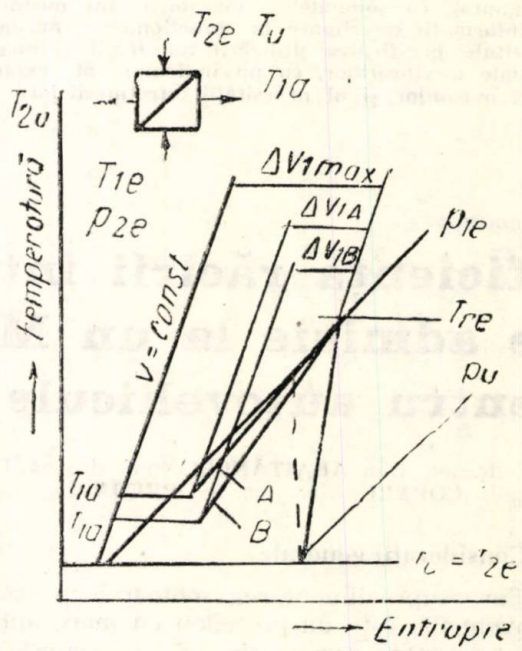


Fig. 2 Diagrama temperatură-entropie pentru două schimbătoare de căldură.

p — presiunea ; — T temperatura ; R — constanta gazelor perfecte ; v — volumul specific ; 1 — aer de supraalimentare ; 2 — agent de răcire ; a — ieșirea din schimbător ; e — intrarea în schimbător ; u — mediul înconjurător.

Datorită căderii de presiune a aerului și a transferului de căldură sporul de densitate real este :

$$\Delta\rho_1 = \frac{1}{R}\left(\frac{p_{1a}}{T_{1a}} - \frac{p_{1e}}{T_{1e}}\right). \qquad (3)$$

Se poate defini astfel randamentul creșterii densității aerului într-un radiator :

$$\eta_\rho = \frac{\Delta\rho_1}{\Delta\rho_{1\,max}} = \frac{\dfrac{p_{1a}}{p_{1e}} \cdot \dfrac{T_{1e}}{T_{1a}} - 1}{\dfrac{T_{1e}}{T_{2e}} - 1} \qquad (4)$$

Rezultă că, la presiuni mici de supraalimentare și căderi mari de presiune, acest randament poate deveni negativ. În acest caz se reduce temperatura aerului însă și densitatea lui scade. Prin urmare un asemenea răcitor nu contribuie la spoririea puterii motorului datorită lipsei de creștere a densității aerului.

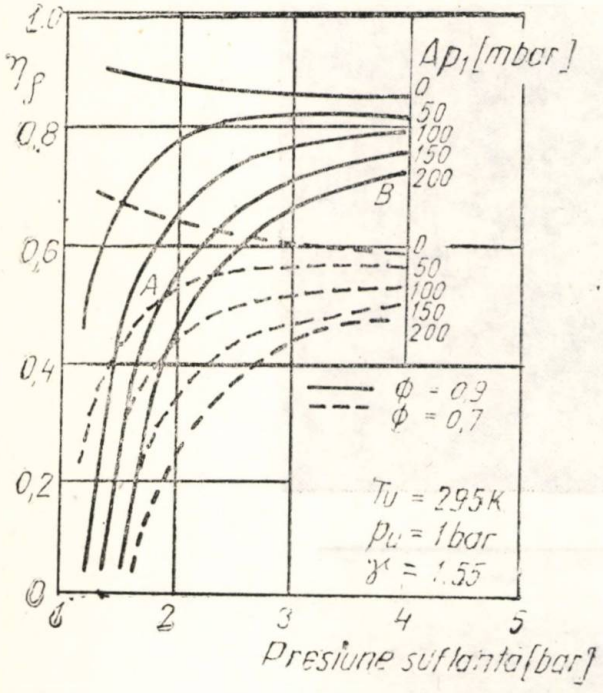


Fig. 3 Variația randamentului de creștere a densității aerului în funcție de presunea aerului la ieșirea din suflantă.

Pe de altă parte un schimbător de căldură cu un grad de schimb de căldură mai redus (A — fig. 3) dar cu o cădere de presiune a aerului de supraalimentare mai mică poate avea un randament de creștere a densității mai bun, decît unul care are un grad de schimb de căldură mai ridicat dar și pierderi de presiune mai mari (schimbătorul B).

Rezultă că este necesară o optimizare a soluției de răcitori pentru obținerea unor parametri indicați și efectivi maximi.

Organizarea sistemelor de răcire intermediară a aerului

Pentru obținerea unui sistem de răcire intermediară eficient trebuie rezolvate probleme constructive complexe.

Coeficienți de rezistență mici la transferul de căldură nu se pot obține decît prin pierderi de presiune. Dar la schimbătoarele de căldură pentru aerul de supraalimentare, aceasta influențează sporul de densitate care limitează suprafața corespunzătoare a aerului ce trebuie răcit. De aceea este indicat să se reducă rezistența la transfer de căldură, pe cît posibil de partea mediului de răcire. Aceasta deoarece răcirea aerului de supraalimentare este puțin influențată de debitul agentului de răcire (fig. 4) [1].

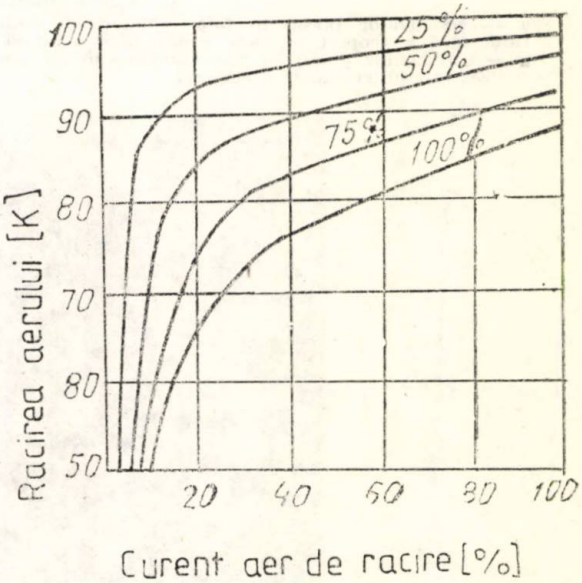


Fig. 4 Scăderea temperaturii aerului de supraalimentare în funcție de curentul aerului de răcire (schimbător aer-aer), la diferite debite a aerului de supraalimentare.

De aceea este posibilă amplasarea schimbătorului de căldură în fața radiatorului motorului, chiar și atunci cînd sistemul de răcire are un ventilator acționat electric.

În construcția de motoare supraalimentate, cu răcire intermediară, se observă opțiunea constructorilor pentru trei soluții de amplasare a schimbătorului de clădură :

— înaintea radiatorului motorului fără a acoperi întreaga suprafață a acestuia (fig. 5, a);

— înaintea radiatorului motorului cu acoperirea întregii suprafețe a acestuia (fig. 5, b);

— amplasarea separată a schimbătorului de căldură, în care caz se dirijează special fluxul de aer de la suflantă.

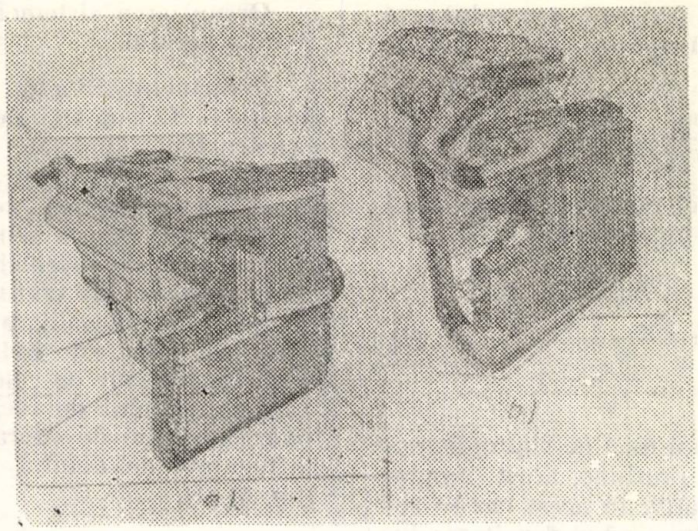
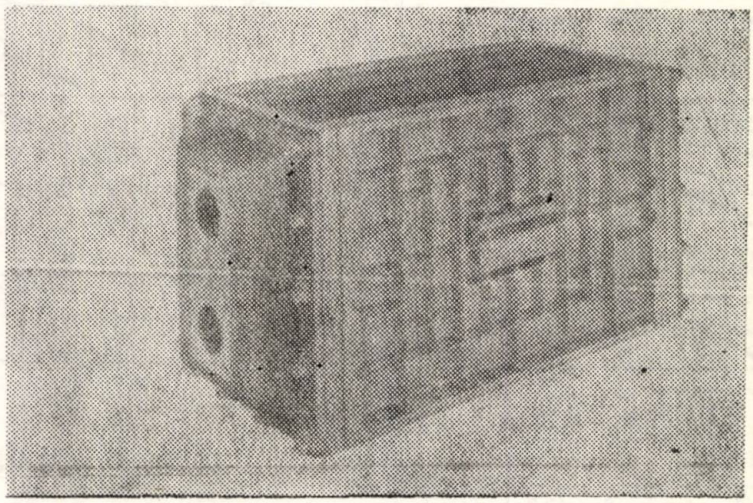


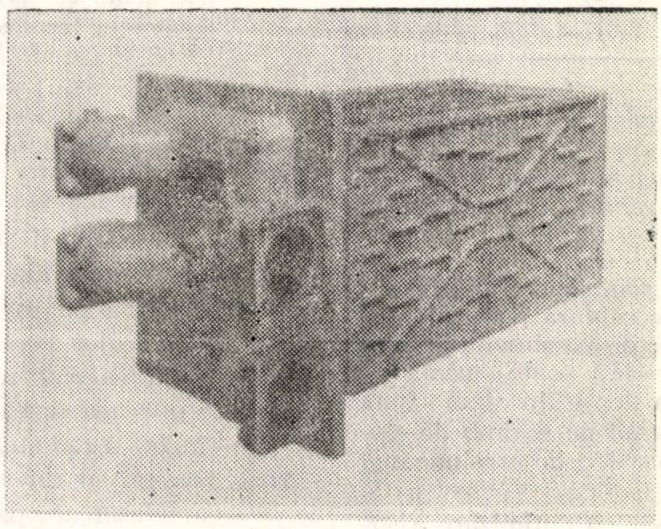
Fig. 5 Schimbătoare de căldură aer-aer.

a — schimbător plasat în fața radiatorului motorului fără a acoperi întreaga suprafață a acestuia ; b — schimbător plasat în fața radiatorului cu acoperirea întregii suprafețe a acesteia.

1 — radiatorul motorului ; 2 — schimbător de căldură aer-aer ; 3 — ventilator ; 4 — bazinul superior al radiatorului ; 5 — răcitor de ulei.

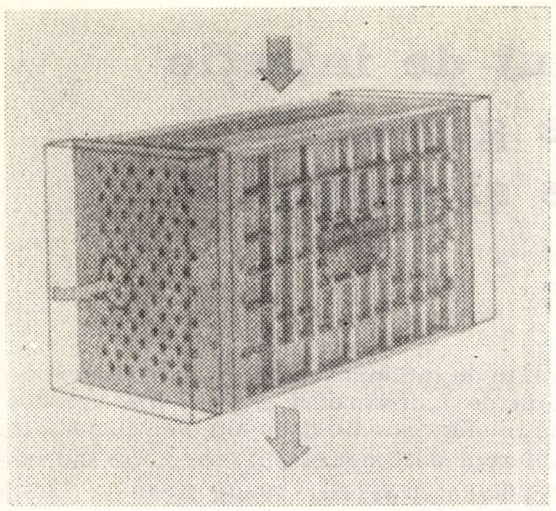


a

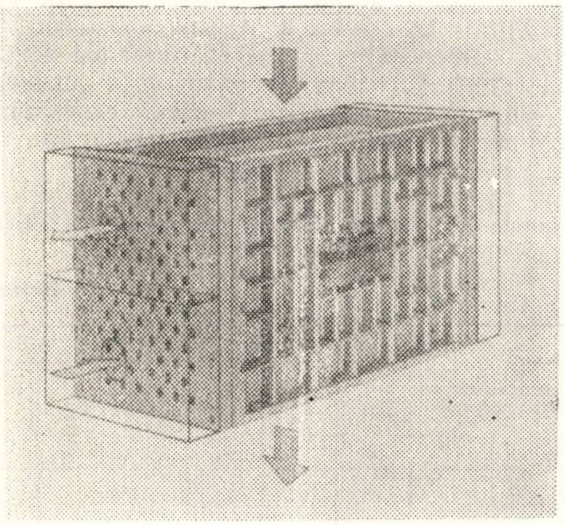


b

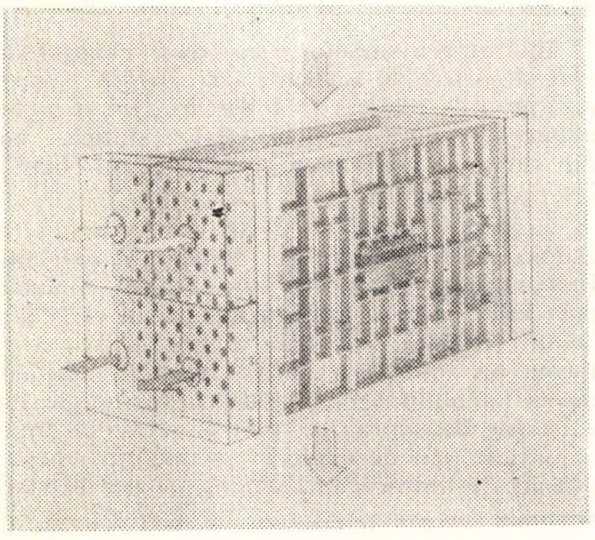
Fig. 6 Schimbător de căldură apă-aer : a— monobloc; b — monobloc înseriat.



a



b



c

Fig. 7 Schimbător de căldură apă-aer.

a — apa intră în schimbător printr-o conductă ; b — apa intră în schimbător prin două conducte ; c — apa intră în sahimbător prin două circuite cu două conducte fiecare.

În ceea ce privește legătura dintre suflantă și schimbătorul de căldură se impun două condiții :

— pierderea de presiune să fie minimă;

— schimbătorul de căldură să fie spălat uniform de aerul de răcire.

În cazul răcirii intermediare cu schimbător de căldură apă-aer, acesta poate fi monobloc (fig. 6) și se montează între suflantă și tubulatura de distribuție a aerului proaspăt.

În cea ce privește posibilitățile de dirijare a apei de răcire se disting următoarele variante [2] :

— aducerea apeï în sistem printr-o singură conductă (fig. 7, a), soluție ce se aplică acolo unde există debite mari de apă ;

— aducerea apei în sistem prin două conducte (fig. 7, b), soluție ce se aplică acolo unde debitul de apă este mai mic ;

— aducerea apei în sistem prin două circuite cu cîte două conducte fiecare (fig. 7, c).

Ultima soluție este cea care asigură cele mai bune performanțe la un preț de cost acceptabil.

Tendințele actuale sînt acelea de a realiza schimbătoare apă-aer monobloc, plasate în rezonatorul comun al tubulaturii de admisie concepute pentru realizarea supraalimentării combinate.

Concluzii

Pentru obținerea unor performanțe maxime, la motoarele supraalimentate, este necesară introducerea în circuit a unui schimbător de căldură. Acesta poate fi conceput sub forma aer-aer sau apă-aer. În funcție de tipul autovehiculului și de mediul în care acesta urmează a fi exploatat, se recomandă alegerea uneia din cele două variante. În fiecare caz însă este necesară o determinare a randamentului creșterii densității aerului de supraalimentare.

Cercetările întreprinse pe motorul 1430 V 8—DTI [3] cu ambele variante de schimbătoare au condus la concluzia că ambele soluții pot fi eficiente în anumite condiții.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Jenz, S., Wallner, R., Wilken, H.* : Die Ladeluftkühlung im Kraftfahrzeug. In : ATZ, 1981, nr. 9, p. 1.

[2] x x x : Prospectele firmei Langerer & Reich GMBH Co. K.E. Filderstradt.

[3] x x x : Studii și cercetări privind aplicarea răcirii intermediare a aerului la motorul supraalimentat 1430—V8—DTI. Contract de cercetare științifică. Universtatea din Brașov, 1987.

CZ : 662.76 : 621.694

Experimentarea sistemului de injecție destinat generatorului de gaz inert de 1000 Nm^3/h. Probleme și rezolvări

Ing. Constantin **JIANU**, ing. Valeriu **MOISESCU** — I.N.M.T. București
Ing. Mugurel **TRANDAF** — I.M.N. Galați
Ing. Bănică **CIOBANU** — ICEPRONAV Galați

Generalități

La bordul navelor petroliere se instalează sisteme de producere și distribuție a gazului inert, pentru a reduce la minimum pericolul de incendiu sau de explozie în tancurile sale.

Rațiunea care a dus la jusificarea acestor sisteme, constă în aceea că trebuie eliminat oricare din următoarele trei elemente a căror prezență simultană poate provoca explozie sau incendiu :

— elementul combustibil, reprezentat de vaporii hidrocarburilor din tanc ;

— energie de aprindere, reprezentată de obicei de scîntei provenite de la diferite surse etc.;

— oixgenul care să întrețină arderea, reprezentat de oxigenul din aer (21 % volum).

După cum se știe, viteza reacției chimice de ardere este exprimată de ecuația generală dată de Arrhenius :

$$W = K_0 \cdot F(C)e^{-E/RT}$$

Combustibilul nu poate fi eliminat niciodată, avînd în vedere destinația navei. Totdeauna, în spațiul liber din tancurile navelor petroliere care transportă țiței sau produse rafinate, există amestecuri de hidrocarburi în stare gazoasă. Compoziția acestora este funcție de natura țițeiului, așa cum se exemplifică în tabelul 1.

Compoziția tipică a hidrocarburilor gazoase din spațiul liber al tancurilor (% volum)

Tabelul 1

Proveniența țițeiului	Compoziția hidrocarburilor gazoase [%]					
	Metan	Etan	Propan	Butan	Pentan	Hexan
IRAK	30	11	14	23	13	9
KUVEIT	11	24	35	18	7	5

Dar un amestec omogen gazos (aer — combustibil) poate să se aprindă și să ardă numai dacă proporția dintre aer (respectiv oxigen) și gazul combustibil se află între anumite valori numite de inflamabilitate. Așadar, dacă concentrația de hidrocarburi gazoase din amestec se află în afara acestui domeniu de inflamabilitate, indiferent dacă amestecul este sărac sau bogat, aprinderea (explozia) nu se produce. Limitele de inflamabilitate, în funcție de compoziția hidrocarburilor gazoase degajate din țiței, sînt prezentate în tabelul 2. Aceste amestecuri de gaze combustibile, în unele situații (ca descărcare, spălare etc.), în contact cu aerul pot forma amestecuri cu concentrații periculoase cuprinse în domeniul de inflamabilitate, care se pot aprinde de la surse accidentale.

Limitele de inflamabilitate ale hidrocarburilor gazoase în aer (% volum)

Tabelul 2

Limita de inflamabilitate	Valoarea concentrației limită [% volum]					
	Metan	Etan	Propan	Pentan	Butan	Hexan
Inferioară	5,3	3,0	2,2	1,9	1,5	1,2
Superioară	14,0	12,5	9,5	8,5	7,3	7,5

Înlăturarea surselor care dau energia de aprindere sau de activare a reacției de ardere este greu de realizat în întregime, fie și numai avînd în vedere că electricitatea statică, una din surse, se poate crea pe diferite căi chiar în interiorul tancului.

Rezultă deci, că se poate interveni numai asupra celui de al treilea element — oxigenul. Procentul de oxigen din tanc se poate controla, prin înlocuirea aerului cu un gaz inert, adică cu un conținut scăzut de oxigen pentru a nu forma un amestec exploziv (în afara limitelor de inflamabilitate) cu hidrocarburile gazoase existente deasupra țițeiului. Limitele de inflamabilitate sau de explozie pentru un amestec din aceste hidrocarburi gazoase și aer în stare normală (cu compoziția de bază de 21 % vol. oxigen și 79 % vol. azot), sînt 2 % gaz și 98 % aer — cea inferioară și respectiv 10 % gaz și 90 % — aer cea superioară. Domeniul de aprindere sau de explozie se micșorează progresiv cu

diminuarea conținutului de oxigen, așa cum se arată în figura 1. Dacă conținutul de oxigen din amestecul gazos este sub 11 % vol., oricare ar fi concentrația hidrocarburilor gazoase în amestec, ele nu pot arde. O atmosferă conținînd

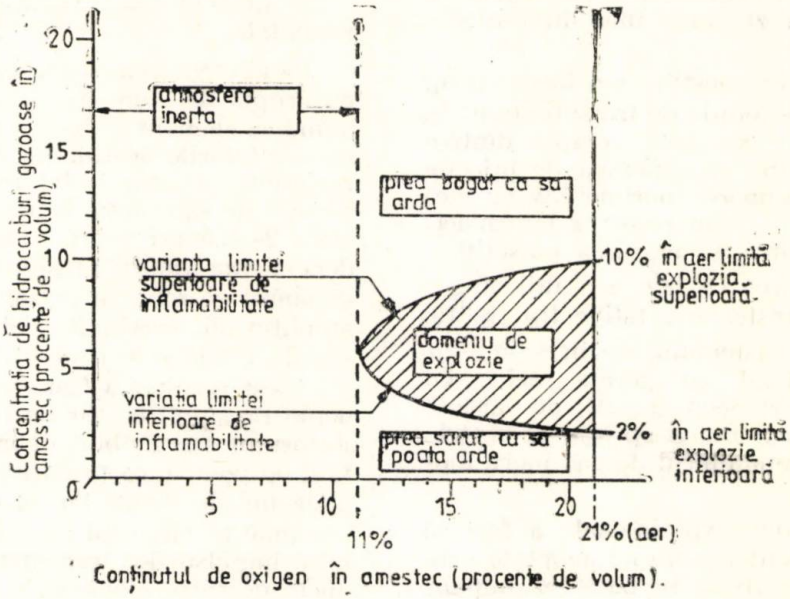


Fig. 1 Domeniul de aprindere pentru amestecul omogen aer — hidrocarburi gazoase.

mai puțin de 11 % vol. oxigen este considerată teoretic inertă.

Prin inertizarea spațiului liber de deasupra țițeiului, se izolează tancurile navei de atmosferă și se menține o ușoară suprapresiune.

Gazul inert provine fie din gazele de ardere produse în generatorul de gaz inert, fie din cele evacuate de la caldarinele instalate pe navă, cît și din cele evacuate de motoarele diesel care mai suferă o postardere în camera de ardere a generatorului.

Un generator de gaz inert constă dintr-o cameră de ardere echipată cu o instalație de ardere cu combustibili lichizi denumită sistem de injecție și un purificator care curăță și răcește gazele de ardere prin filtrare și spălare cu jet de apă (stropire).

Condiția de gaz inert acceptată, înseamnă sub 4 % vol. oxigen. De obicei, automatizarea aferentă reglează la 5 % semnalizarea și la 6 % vol. oxigen decuplarea generatorului de gaz inert de la conducta magistrală a navei.

Probleme — rezolvări, rezultate experimentale

Sistemul de injecție, destinat generatorului de gaz inert de 1000 Nm^3/h, cuprinde arzătorul principal și arzătorul pilot de aprindere (fig. 2 și 3), ambele funcționînd cu motorină STAS 240—80.

Injectorul principal este cu cameră de turbionare cu retur central, iar cel de aprindere cu cameră de turbionare fără retur.

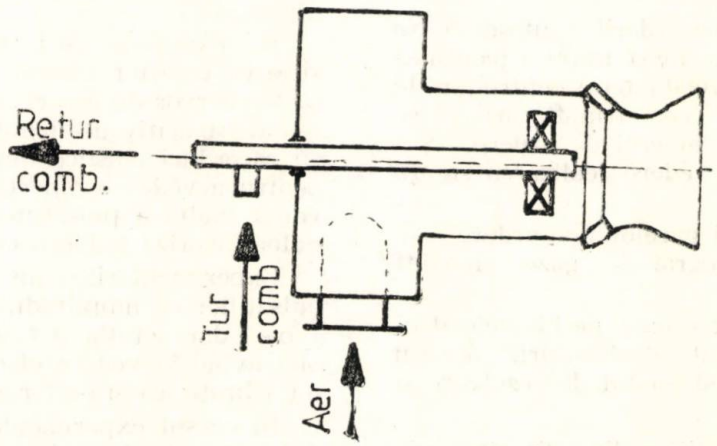


Fig. 2 Schița de principiu a sistemului de injecție principal.

Aerul de ardere este integral turbionat în arzătorul principal de către un stabilizator de flacără, prevăzut cu palete cu grad mare de acoperire, iar arzătorul pilot de aprindere realizează injecția de combustibil, într-un curent axial de aer sulfat. Aprinderea se efectuează cu ajutorul a doi electrozi supuși unei diferențe de potențial de 10 Kv.

Alimentarea cu combustibil s-a făcut cu un grup de pompare — soluție de tranziție (pînă la asimilarea în țară a pompei), compus dintr-o pompă de combustibil și o pompă de injecție cu 8 secțiuni de pompare, mărime ZW cu element de ∅ 16 mm și un rezervor cu capacitate de 15 litri pentru amortizarea pulsațiilor.

Pentru alimentarea cu aer, s-a utilizat o electrosuflantă cu pistoane rotative tip H. 310.

Experimentările sistemului de injecție s-au desfășurat pe un stand cu pereți răciți, cu dimensiuni mai mari decît camera de ardere utilizatoare (pentru a putea aprecia geometria flăcării), cît și pe generatorul de gaz inert, model funcțional.

Scopul cercetărilor experimenale a fost să se verifice performanțele soluției adoptate prin proiect și să se definitiveze pe baza rezultatelor obținute această construcție.

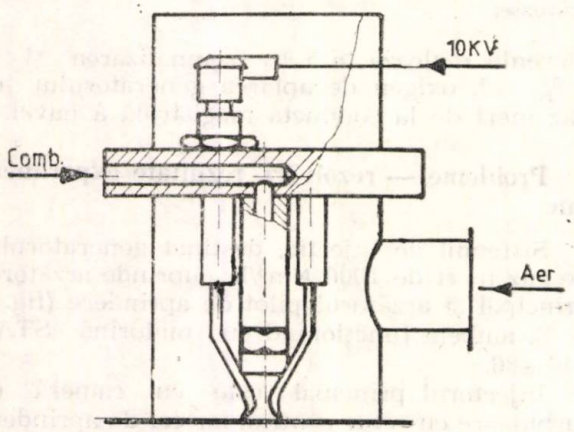


Fig. 3 Schița de principiu a arzătorului de aprindere.

S-a urmărit calîtatea arderii, căutînd să se asigure condiția de gaz inert impusă (conținut oxigen <4 % și CO $\leqslant 1000$ p.p.m) pentru gazele de ardere realizate și geometria flăcării să se încadreze în volumul camerei de ardere. S-a avut, de asemenea, în vedere realizarea sigură a aprinderii.

Analiza compoziției gazelor de ardere s-a efectuat cu un cromatograf de gaze Hewlett Packard.

Se prezintă succint numai problemele deosebite apărute în cursul desfășurării acestui program de cercetare și modul de rezolvare și anume :

— eliminarea pulsațiilor din circuitul de alimentare cu combustibili ;

— înlăturarea cauzelor care determină instabilitatea flăcării ;

— realizarea unei flăcări cu structura corespunzătoare și care să asigure performanțe de ardere ;

— prezentarea sintetică a rezultatelor experimentale.

La alimentarea cu combustibil a injectorului cu grupul de pompare — soluție de tranziție, avînd ca element de bază o pompă de injecție la care refulările secțiunilor de pompare au fost racordate la un colector comun prevăzut cu o supapă de siguranță, la un reglaj de debit de circa 2—2,5 ori debitul injectat, se remarcă dependența valorii presiunii pe tur de variația presiunii pe retur și pulsații cu valori mari ale amplitutinii presiunii. Schema experimentală soluție finală este prezentată în figura 4.

Acest rezultat a fost explicat astfel : dependența presiunii pe tur de cea de pe returul injectorului s-a atribuit debitului insuficient livrat de pompă, ca urmare a reglajului necorespunzător de debit, iar prezența pulsațiilor de presiune pe circuitul de combustibil este rezultatul impulsurilor transmise lichidului din conducte de către elementele pompei de injecție, care constituie un veritabil generator de impulsuri.

Rezolvarea primei probleme a constat în majorarea debitului reglat la 4—5 ori debitul maxim injectat. Eliminarea vibrațiilor din lichid s-a rezolvat prin introducerea unui volum-tampon de combustibil conținut în două rezervoare înseriate printr-un ventil de laminare, elemente care în electricitate și sonicitate echivalează cu un filtru capacitate — rezistență — — capacitate. Volumul de lichid al rezervorului de amortizare s-a estimat pe baza teoriei sonicității [1]. Pentru ca soluția să fie mai puțin acombrantă, s-a eliminat un rezervor de amortizare și ventilul de laminare, soluție rămasă definitivă, întrucît în experimentări nu s-au semnalat oscilații de presiune, deși volumul capacității de lichid a fost redus la circa 15 litri (fig. 4).

S-a experimentat instalația pompei de tranziție cu colector comun al refulărilor mărit, fără rezervor de amortizare, deci numai cu volumul capacitiv de lichid existent în circuit (și cu racorduri elastice din cauciuc la injector), pentru a vedea comportarea, dat fiind că frecvența înaltă a pulsațiilor de 120—125 Hz ar putea favoriza pulverizarea.

Experimentările au confirmat prezența pulsațiilor cu amplitudine de presiune mică de 1 bar, dar soluția a fost calificată neacceptabilă avînd în vedere efectul distructiv al acestor vibrații asupra unor elemente ale instalației.

În cursul experimentărilor la cald pe standul cu pereți răciți, în noile condiții de alimentare cu combustibil și aer amintite, nu s-au

reprodus performanțele anterioare pentru regimuri de probă prestabilite, constatîndu-se : flacără instabilă, fluctuantă, cu tendințe de suflare și desprinderi parțiale chiar la excese mici de aer în apropierea dozajului stoechiometric, debite mărite de combustibil și ardere proastă cu nearse chimice inadmisibile.

Tot în acest program de cercetare care prevedea și experimentări cu duza ∅ 1,3 și ∅ 1,2 mm și ridicarea presiunii de injecție pînă la 35 bari, cu scopul de a îmbunătăți pulverizarea și respectiv, arderea, s-a constatat că presiunea de injecție trebuie limitată la 30 bar, deoarece flacăra devine foarte elastică

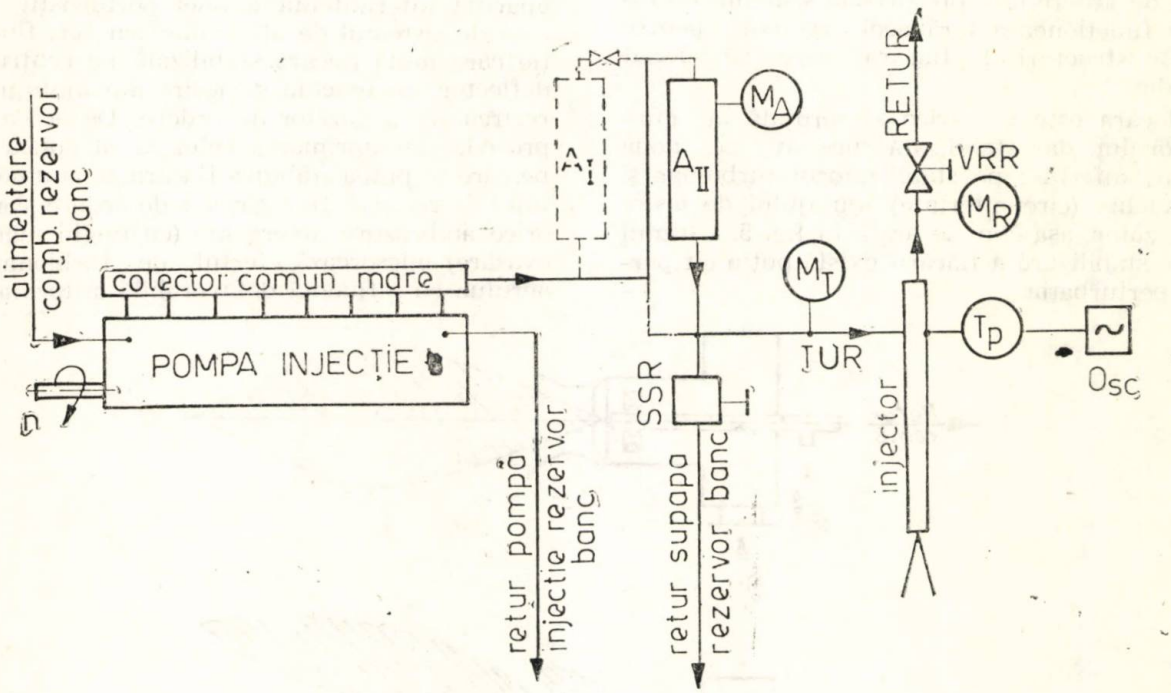


Fig. 4 Schema experimentală-soluție finală.

SSR — supapă siguranță reglabilă ; VVR — ventil reglaj, retur injector ; A II — rezervor tampon de combustibil, amortizor de vibrații ; M_A — manometru pe amortizor ; M_T, M_R — manometre pe tur și retur combustibil injector ; T_p — traductor presiune ; O_{sc} — osciloscop ;

— — . — . — . — . variante intermediare schemă experimentală ;

———————— variantă finală schemă.

Analiza cauzelor probabile — scurgeri necontrolate de combustibil (între tur și retur, în special în capul de injecție), care să perturbe curgerea turbionară organizată în camera de turbionare, înfundarea sau cocsarea injectorului, modificarea caracteristicilor fizico-chimice ale combustibilului, fluctuații în sistemul de alimentare cu combustibil sau aer, — a condus la necesitatea refacerii strîngerii pieselor pulverizatorului. S-a înlăturat astfel caracterul dezordonat al curgerii și s-a restabilit valoarea presiunii efective de injecție a combustibilului, cu efecte determinante asupra formării amestecului (îmbunătățirea pulverizării și a distribuției combustibilului) și arderii. S-au eliminat astfel fenomenele de instabilitate a flăcării (suflare, desprindere și suspendare parțială), obținîndu-se flăcări acroșate la gura arzătorului pe întreg domeniul de funcționare.

și sensibilă la perturbații cu tendințe de instabilitate. Duza cu orificiul de 1,2 mm, deși cu performanțe bune de ardere, nu a fost acceptată datorită debitului insuficient realizat la valoare nominală a presiunii combustibilului la intrarea în injector, După intervențiile amintite pe domeniul presiunilor de injecție stabilit cuprins între 20—30 bari și cu aerul furnizat de suflantă complet deschis, s-a trecut cu instalația la o nouă etapă de experimentări menită să optimizeze arderea. S-a constatat prezența în flacără a unei perturbații intermitente de foarte joasă frecvență (cu apariție la cîteva secunde și durata de fracțiuni de secundă), care modifică geometria flăcării concomitent cu poziția de acroșare la gura arzătorului principal. Flacăra obținută variază periodic în diametru corespunzător cu trecerea de la o structură închisă compactă la o structurră evazată (goală în zona centrală) și invers, așa cum se prezintă în figura 5. În regim de funcționare

cu camera de ardere nepresurizată, flacăra închisă a fost însoțită de un zgomot similar celui produs de o sirenă cu gaze, fenomen ce a fost atribuit gazodinamicii prin sistemul existent la gura arzătorului în prezența ajutajului de recirculare, configurație care îi conferă rol de rezonator în anumite condiții de curgere. Cînd camera de ardere este presurizată sistemul de injecție funcționează fără acel zgomot, pentru ambele structuri de flacără care se succed periodic.

Flacăra este simetrică și acroșată la gura arzătorului, dar stabilizată succesiv pe două corpuri diferite : pe stabilizatorul turbionar și pe muchia (circumferința) ajutajului de ieșire din arzător, așa cum se arată în fig. 5. Ultimul tip de stabilizare a flăcării există puțin cît persistă perturbația.

cedat la injectarea liberă în atmosferă și s-a urmărit dacă apar variații ale unghiului de pulverizare a jetului de combustibil. Nu s-au constatat fluctuații ale valorii unghiului în timp, pentru același regim de lucru.

Astfel prin eliminare, s-a concluzionat că modificarea structurii flăcării este provocată de apariția intermitentă a unei perturbații cauzată de sistemul de alimentare cu aer, fluctuație care mută flacăra stabilizată pe centru de deflector, pe muchia de ieșire din ajutajul de recirculare a gazelor de ardere. De accea s-a procedat la suprimarea celui de al doilea corp pe care se putea stabiliza flacăra, și anume ajutajul de recirculare a gazelor de ardere, care ca orice ambrazură divergentă (cu unghi mare de evazare) micșorează efectul de turbionare a aerului, cu influență defavorabilă asupra ames-

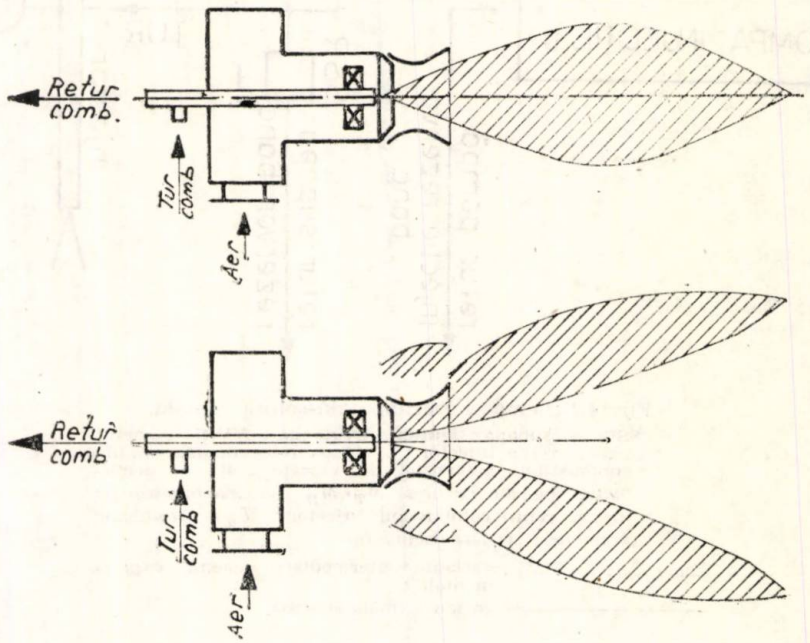


Fig. 5 Aspectul caracteristic al tipurilor de flacără realizate.
I — flacără închisă (stabilizată de turbomotorul de aer, compactă, simetrică, acroșată la gura arzătorului, fără ruperi sau suspendări, însoțită de zgomot caracteristic) ;
II — flacără deschisă (stabilizată pe circumferința ajutajului de ieșire din arzător, evazată și goală în zona centrală, simetrică, nu prezintă desprinderi, lipsită de zgomot.

Nu s-a putut pune pe seama proceselor de ardere producerea acestei perturbații, care are o frecvență mult prea mică în comparație cu vibrațiile dezvoltate într-o flacără de combustibil lichid [2].

Prezența flăcării deschise — evazate este simțită și prin oscilații ale presiunii în circuitul de aer, măsurate la intrarea în arzător și la refularea suflantei cu valori ale amplitudinii de circa 10—12 mm Hg.

Plecînd de la ideea unei posibile fluctuații în alimentarea cu aer sau combustibil, s-a protecării aerului cu combustibilul și poate modifica într-atît zona de recirculare internă, pînă la trecerea în domeniul cu zona de recirculație deschisă [3].

Cu sistemul de injecție în această configurație, arătat în figura 6, s-au efectuat peste 50 de regimuri de experimentări în camera de ardere presurizată și nepresurizată și s-au obținut flăcări stabile rigide, puternic turbionate, acroșate la gura arzătorului prin efectul turbionatorului de aer, cu structură închisă compactă. Geometria flăcării s-a încadrat în dimensiunile

camerei de ardere. Compoziția gazelor de ardere a fost între limitele impuse prin temă pentru a satisface condiția de gaz inert.

Sistemul de injecție (fig. 6) a fost experimentat apoi pe generatorul de gaz inert model funcțional, cu bune performanțe de ardere.

Pentru a caracteriza posibilitățile generatorului pe întreg domeniul de lucru, se propune prezentarea sintetică a rezultatelor experimentale sub forma unei caracteristici complexe, capacitate generator — consum de combustibil, funcție de parametrii gazului inert furnizat

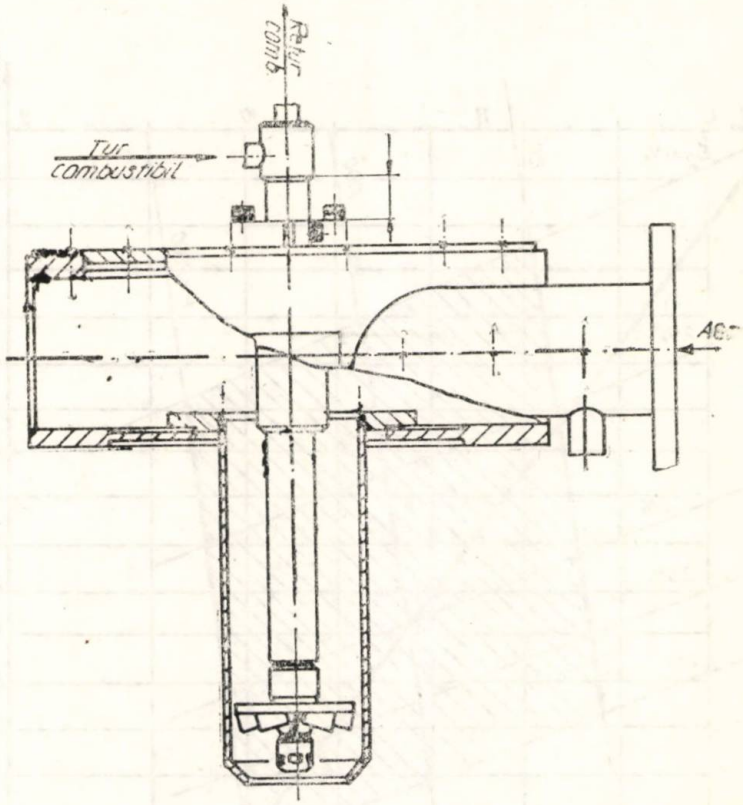


Fig. 6 Sistemul de injecție principal.

De obicei, firmele furnizoare prezintă, pentru un generator de gaz inert, o caracteristică de consum la funcționarea în regim de bază, de felul celei arătate în figura 7, trasată de noi pe baza rezultatelor obținute la experimentări cu generatorul de gaz inert, model funcțional.

(compoziția gazelor de ardere și presiunea) și regimul de lucru al instalației de combustibil (variația presiunii pe circuitul de retur combustibil de la injector). Caracteristica complexă trasată pe baza rezultatelor experimentale, obținute la încercarea sistemului de injecție pe

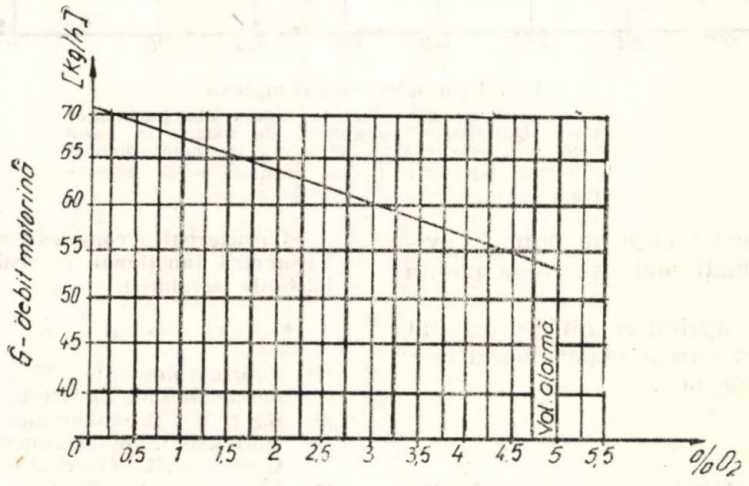


Fig. 7 Caracteristica de consum a generatorului de gaz inert la presiunea de regim de 1000 mmCA.

generatorul de gaz inert (model funcțional), este redată în figura 8. Aceasta oferă simplu și sugestiv performanțele sistemului de injecție, respectiv ale generatorului de gaz inert, spre deosebire de caracteristica de consum (fig. 7) utilizată de diverse firme, care nu pune în evidență parametrii funcționali și dependența acestora.

Arzătorul pilot de aprindere nu a prezentat probleme deosebite în cursul experimentărilor, de aceea nu s-a analizat aici.

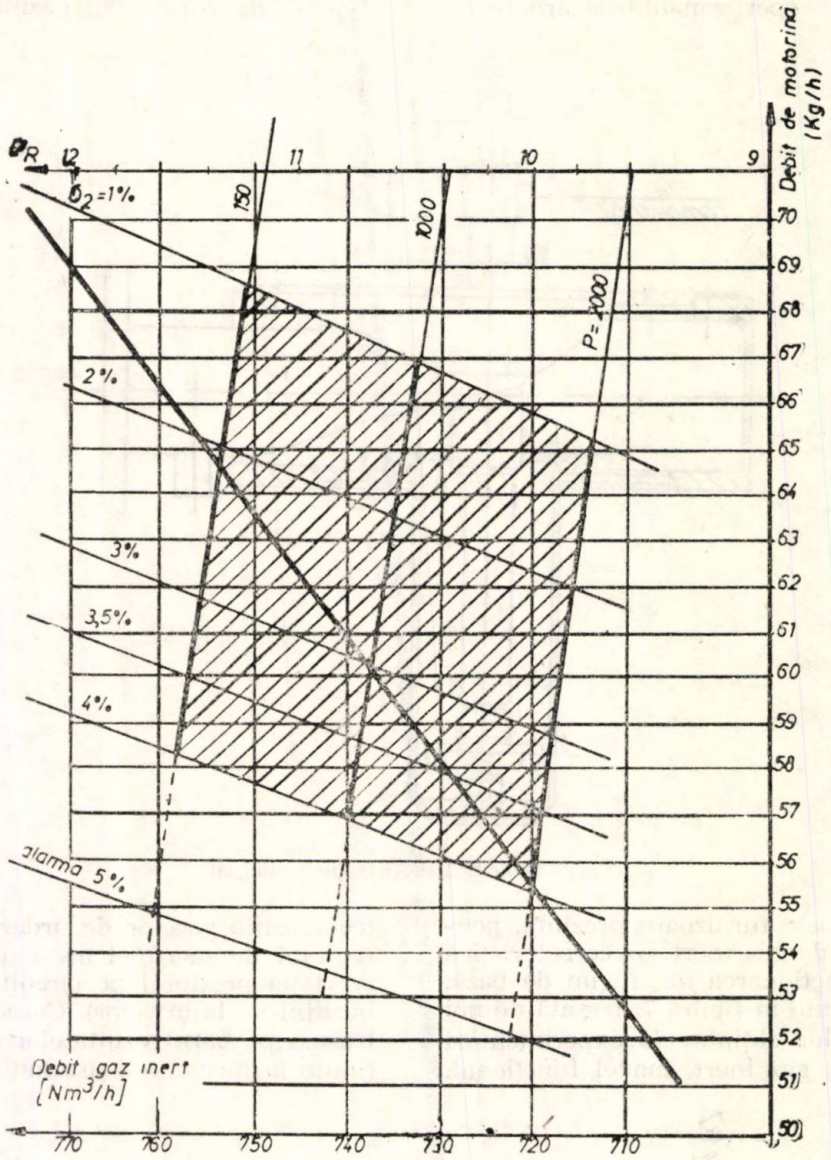


Fig. 8 Caracteristica complexă.

p — presiune gaz inert la ieșirea din purificator [mm CA] ; O_2 — conținutul de oxigen în gazul inert [%] ; p_T = 25 — 26 bar , presiune combustibil tur injector ; p_R — presiune retur injector [bar].

Concluzii

Soluțiile date la problemele care au apărut în desfășurarea programului de cercetări experimentale asupra sistemului de injecție destinat generatorului de gaz inert de 1000 Nm³/h au condus la definitivarea unei construcții care să asigure flăcări stabile, cu dimensiuni compatibile cu geometria camerei de ardere și performanțe de ardere care satisfac condiția de gaz inert.

Caracteristica complexă propusă corelează sintetic parametrii funcționali ai sistemului, evidențiind posibilitățile instalației.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Constantinescu, G.* : Teoria sonicității, 2 Ed. Academiei R.S.R., București, 1985.

[2] *Berg, M.* : Brennkammerschwingungen — Ursache und Abhilfemaßnahmen, Deutsche Babcook & Wilcox AG, Oberhausen.

[3] *Lemneanu, N., Cristea, E. Jianu, C.* : Instalații de ardere cu combustibili lichizi. Ed. tehnică, București, 1982.

CZ : 621.436

Sistem de achiziție a datelor în anemometria cu laser aplicată la măsurarea turbulenței încărcăturii unui motor cu piston antrenat

Șef lucr. ing. Sergiu **SIDON** — Institutul Politehnic București
Ing. Octavian **PLETER** — I.C.A. Ghimbav

Introducer

Explicarea unor procese fundamentale ce au loc în motoarele cu ardere internă se bazează pe cunoașterea turbulenței fluidului motor pe tot parcursul ciclului.

Astfel toate modelele actuale de ardere, teoriile care caută că explice cauzele dispersiei ciclice, formarea noxelor în motoare, realizarea transferului de căldură ș.a. necesită cunoașterea intimă a caracteristicilor turbulenței fluidului motor.

De aici rezidă și numărul de lucrări consacrate studiului experimental sau teoretic al caracteristicilor turbulenței fluidului motor. Majoritatea determinărilor experimentale au fost făcute cu ajutorul anemometriei cu fir cald. În ultima vreme s-au dezvoltat și alte tehnici de măsurare a caracteristicilor mișcărilor turbulente, dintre acestea anemometria laser, în diversele ei variante, remarcîndu-se în mod deosebit datorită avantajelor pe care le aduce, în special prin eliminarea etalonărilor și posibilității de a lucra practic la orice temperaturi. Totuși costul mare al echipamentelor ce intră în compunenea unei instalații complete, precum și unele dificultăți ce survin în cazul măsurării turbulenței în motoarele cu ardere internă limitează încă această metodă.

Scurtă prezentare a modului de lucru și a performanțelor anemometrului cu laser utilizat

În cele ce urmează, considerîndu-se că principiile de lucru în anemometria laser sînt cunoscute, vor fi prezentate doar acele aspecte necesare întelegerii modului cum a fost conceput sistemul de achiziție a datelor, în concordantă cu necesitățile impuse de fenomenele studiate și performanțele aparatului.

Modul de lucru utilizat în cazul de față este modul Doppler dilerențial. Prin urmare, două raze de intensități egale cu fronturi de unde plane și paralele, obținute de la aceeași sursă laser printr-o procesare optică adecvată, se intersectează într-o mică regiune din zona supusă investigației, în așa numitul volum de probă. Acesta nu este altceva decît un elipsoid format din totalitatea punctelor iluminate simultan de cele două raze (fig. 1).

O particulă trasoare, lansată în curgere și care îndeplinește condițiile pentru a urmări fidel mișcarea fluidului, se deplasează cu viteza U prin volumul de probă. În condițiile arătate, în volumul de probă se formează un sistem de franje de interferență, astfel că particula va reflecta lumina cu o frecvență funcție de componența U_x a vitezei ei și distanța dintre două franje (U_x este în planul format de cele două raze).

$$f_D = \frac{U_x}{\delta_f} \tag{1}$$

$$\delta_f = \frac{\lambda}{2 \sin \theta/2}, \tag{2}$$

unde λ - lungimea de undă a lungimii incidente.

Lumina reflectată de particulă este captată de aceeași optică ce a servit la procesarea luminii emise de laser și este convertită într-un semnal de natură electrică într-un fotomultiplicator.

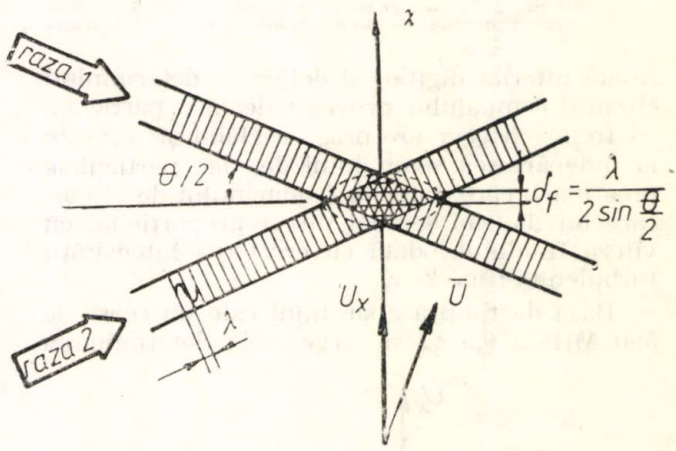


Fig. 1 Principiul metodei Doppler diferențial în anemometria laser ; formarea volumului de probă.

Semnalul tipic generat la fotomultiplicator de către lumina reflectată de o particulă este prezentat în figura 2, a.

Acest semnal este amplificat și filtrat, astfel încît să se îndepărteze piedestalul rezultînd un semnal de forma celui din figura 2, b. El va alimenta un sistem de trei triggere Schmitt.

Primele două, avînd praguri fixe de 200, respectiv 100 mV, servesc, primul la generarea unor impulsuri dreptunghiulare care vor fi pro-

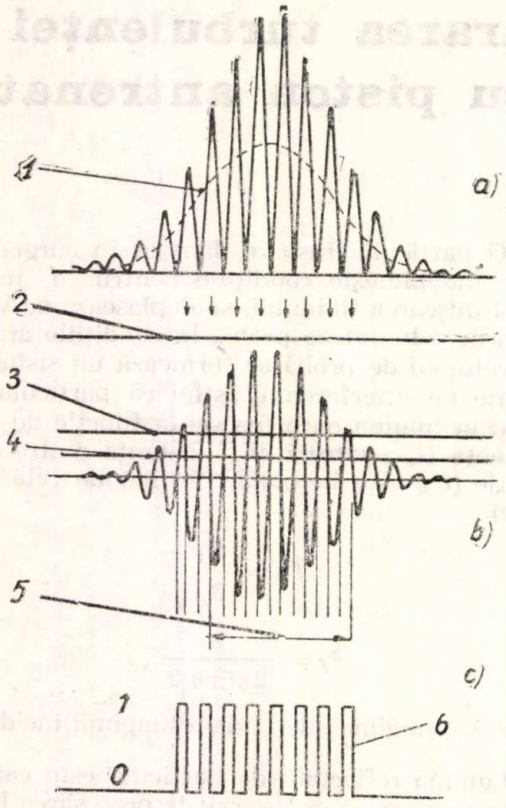


Fig. 2 Semnalul tipic după fotomultiplicator al unei particule trasoare și prelucrarea lui ulterioară.
a) semnal Doppler ; b) semnal Doppler filtrat ; c) ieșirea la triggerul Scmitt nr. 2 ; 1 — piedestal ; 2 — nivelul triggerului nr. 3 ; 3 — nivelul triggerului nr. 2 ; 4 — nvelul triggerului nr. 1) ; 5 — măsurarea duratei pulsului Doppler ; 6 — plus logic.

cesate ulterior digital, al doilea — determinînd sfîrșitul semnalului provenit de la o particulă. Al treilea trigger are prag reglabil și servește la îndepărtarea semnalului de la particulele prea mari, care datorită fenomenului de alunecare nu dau un semnal direct proporțional cu viteza fluidului, odată cu creșterea intensității turbulenței (fig. 2, c).

Baza de timp a aparatului este un ceas de 500 MHz ± 0,5 ‰ și servește la determinarea timpului în care particula intersectează un număr cunoscut (cel mai des 8) de franje.

După sistemul de triggere amintit, întreaga funcționare a aparatului este digitală.

Faptul că măsurarea vitezelor fluidului se bazează pe analiza unor semnale provenite de la particule distincte (sau grupuri de particule) care traversează volumul de măsură conferă procesului de măsurare un caracter aparte. Astfel, presupunînd că în punctul de măsură viteza fluidului variază continuu cu timpul, mediul în care se face măsurarea fiind un mediu continuu, indicațiile anemometrului laser nu pot fi decît discrete. Este de remarcat că aparatul are nevoie de un timp bine determinat în care, în urma analizei unui set de date, să valideze o anumită viteză pentru particula (particule) trasoare de la care au provenit informațiile. Apoi după prezentarea datelor validate și pînă la o nouă măsurare trece de asemenea un timp bine determinat, astfel încît putem spune că măsurarea se face prin eșantionare (fig. 3).

Calitatea măsurării poate fi apreciată prin două caracteristici specifice procesului:

— rata validării, ca număr de particule dintr-o mie analizate, în urma cărei analize s-au atribuit valori de viteză bine determinate acestora ;

— frecvența validării, invers proporțională cu timpul dintre două validări.

De aceea, atunci cînd se studiază fenomene nestaționare sau turbulența, este necesar ca frecvența celor mai mici vîrtejuri (deci cea mai mare întîlnită) să fie mai mică decît frecvența validării.

Datele apar în forma digitală la un multiconector. Este vorba de valoarea frecvenței f_D atribuită ultimei particule analizate, însoțite de un puls logic „DATA READY", *DR*.

Valoarea frecvenței f_D apare la conector scrisă în binar cu opt biți pentru mantisă și patru pentru exponent, $f_D = M \times 2^E$ (M și E fiind mantisa și exponentul).

Pe toată durata nivelului logic „1" al semnalului DR, datele referitoare la f_D sînt stabile și pot fi transmise mai departe. Pe durata

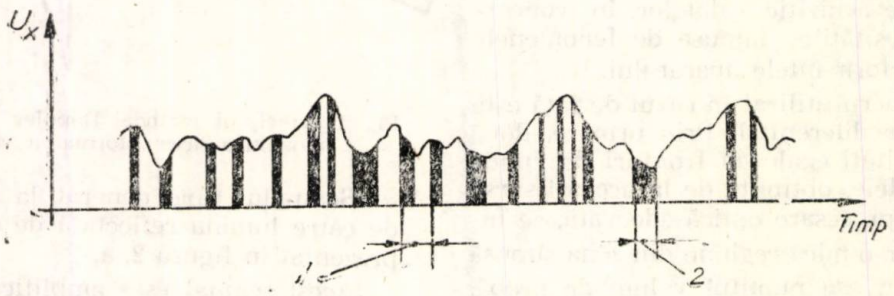


Fig. 3 Variația cu timpul a vitezei reale și ceea ce se măsoară.
1 — intervalul între două validări ; 2 — timp de rezidență.

în care DR are nivel logic „O" datele se schimbă, urmînd a deveni stabile după ce semnalul DR ajunge din nou la valoarea „1" logic (fig. 4).

Alte date și caracteristici ale anemometrului sînt prezentate în tabelul 1.

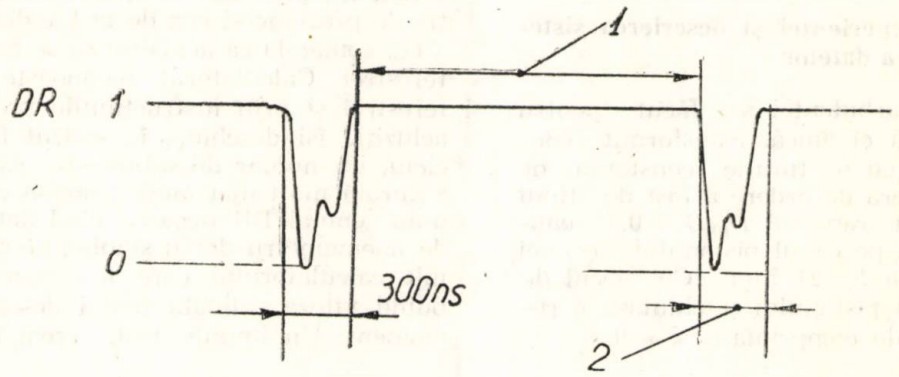


Fig. 4 Forma semnalului „Data ready", DR.
1 — date stabile ; 2 — datele se schimbă.

Interfața, prin intermediul căreia datele sînt preluate în forma în care apar la conectorul anemometrului și sînt transmise într-o formă accesibilă calculatorului, va trebui să fie astfel construită încît să țină seama atît de specificul apariției datelor, cît și de limitele impuse experienței, chestiuni ce vor fi prezenate în cele ce urmează.

Descrierea statistică a mișcării turbulente din cilindrul motorului

Principalele dificultăți care apar în cazul încercărilor de a determina pe cale experimentală caracteristicile mișcărilor tubulente din motor sînt legate de faptul că procesul în sine este periodic, iar medierile temporale în cazul unor cicli ce se desfășoară în cîteva milisecunde (la 2000 rot/min, aproximativ 15 ms) nu mai sînt posibile.

Se impune prin urmare utilizarea unor ipoteze zise de ergodicitate, după care pentru anumite cazuri particulare (cum ar fi turbulența staționară) este echivalent, din punct de vedere statistic, să se considere experiențe nedefinit repetate cu o singură informație, sau o singură experiență cu o infinitate de informații. Din păcate aceste ipoteze nu pot fi adevărate din mai multe motive. În primul rînd turbulența în motor poate fi considerată cel mult periodic pulsatoare. De asemenea, ipotezele de omogenitate a turbulenței nu se apropie de realitate, decît în unele faze restrînse dintr-un ciclu motor.

În cele ce urmează s-a considerat că fiecărui moment din ciclu definit de unghiul de rotație al arborelui cotit îi corespunde o viteză instantanee $U(\alpha)$, formată dintr-o componentă medie $\overline{U}(\alpha)$ și una fluctuantă $u(\alpha)$ astfel :

$$U(\alpha) = \overline{U}(\alpha) + u(\alpha) \tag{3}$$

Pentru N măsurări discrete de viteză vom avea :

$$\overline{U}(\alpha) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} U(\alpha + in\pi) \tag{4}$$

Cu n s-a notat numărul de timpi ai ciclului motor. Intensitatea turbulenței va fi dată de relația :

$$u'(\alpha) = \sqrt{\overline{u^2(\alpha)}} = \sqrt{\overline{U^2(\alpha)} - \overline{U}^2(\alpha)} \tag{5}$$

unde

$$\overline{U^2(\alpha)} = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} U^2(\alpha + in\pi) \tag{6}$$

Caracteristici ale anemometrului utilizat

Tabelul 1

Unghiul θ, [grade]	4,64	9,29	13,90
Diametrul razei laser [mm]	0,12	0,12	0,12
Diametrul volumului de probă [mm]	0,15	0,15	0,5
Lungimea volumului de probă [mm]	3	2	1
Distanța interfranje [m]	7,79	3,91	2,61
Numărul de franje	15	30	45

Într-un mod similar pot fi definite în continuare și alte mărimi caracteristice fenomenului de turbulență studiat. În cadrul acestui articol însă ne rezumăm la prezentarea valorilor medii și a intensității turbulenței.

Organizarea experienței și descrierea sistemului de achiziție a datelor

Măsurarea turbulenței s-a făcut pentru un motor de cifră octanică, transformit convenabil, antrenat cu o turație constantă de 900 rot/min. Camera de ardere a fost de tipul cupă în piston, cu raportul $D_c/D = 0{,}6$, realizată prin plasarea pe capul pistonului a unei bucșe cu înălțimea $h = 21$ mm. Cu jocul de 1 mm între capul pistonului și chiulasă a rezultat un raport de comprimare $\varepsilon = 9$.

După tesate prealabile, s-a observat că frecvența maximă pentru validarea datelor este de aproximativ 1,5 kHz. (Trasorii folosiți au fost aerosoli de ulei siliconic cu diametrul de 5 μm). Pentru a „reface" semnalul recepționat în frecvență, s-a procedat în felul următor : informația de presiune și cea de la fotodiodă de nivele TTL, comandă ca achiziția să se facă pe durata ferestrei. Calculatorul recunoaște deschiderea ferestrei și prin instrucțiunile programului de achiziție își deschide, în cadrul ferestrei din ciclu, un număr de subferestre sau „fante" cu o durată mult mai mică. Imediat după apariția unui semnal DR negativ, cînd datele furnizate de anemometru devin stabile, acestea se transmit calculatorului care le memorează, atribuind viteza validată fantei deschise în acel moment. Un impuls test, creat de asemenea

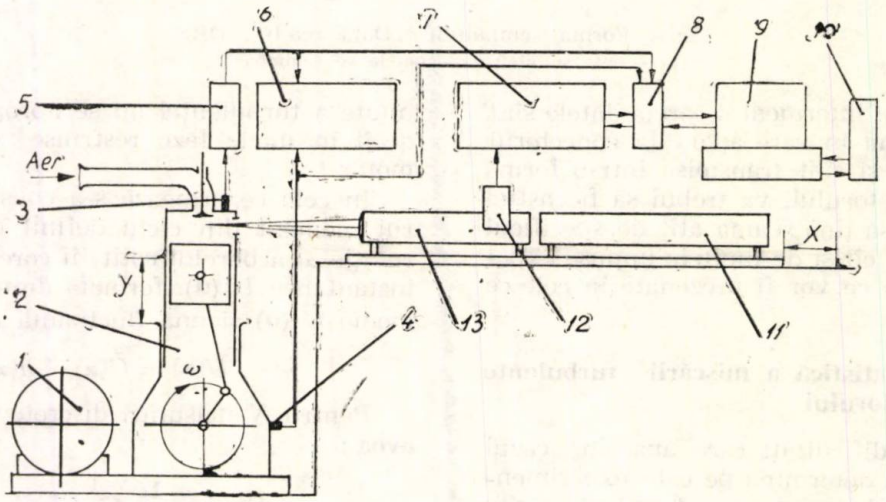


Fig. 5 Schema generală a instalației experimentale.
1 — motor electric de antrenare ; 2 — monocilindrul experimental ; 3 — traductor de presiune ; 4 — fotodiodă ; 5 — amplificator de sarcină ; 6 — osciloscop ; 7 — procesorul electric al anemometrului ; 8 — interfața paralelă programabilă ; 9 — calculator ; 10 — casetofon ; 11 — laser He-Ne ; 12 fotomultiplicator ; 13 — procesorul optic al anemometrului.

Măsurările s-au executat pe un interval $\Delta\alpha = 70°$RA, plasat simetric față de PMI în faza de comprimare. Acest interval va fi denumit în continuare „fereastră".

Semnalele primite de la un traductor de presiune și o fotodiodă luminată intermitent printr-o fantă corespunzătoare lui $\Delta\alpha$, practicată pe un disc antrenat de arborele cotit, sînt folosite pentru comanda achiziției de date. În afara ferestrei cu $\Delta\alpha = 70°$RA nu se achiziționează date.

Pentru achiziția de date s-a ales un calculator personal de tipul HC—85 (sau Sinclair-Spectrum), cuplat cu anemometrul cu o interfață paralelă programabilă bazată pe circuitul 8255 A, proiectată special pentru scopul propus. Schema generală a instalației este prezentată în figura 5.

prin limbaj, verifică apariția unui alt impuls DR. Dacă acesta nu apare, celorlalte fante nu li se atribuie nici o valoare de viteză.

Astfel, în cazul unei ferestre deschise într-un ciclu, funcție de frecvența de apariție a semnalului DR, pot fi atribuite viteze măsurate de anemometru unui număr mai mare sau mai mic de fante. La finele experienței, desfășurate pe un număr relativ mare de cicli (max. 256), unei fante deschise în cadrul ferestrei i s-a atribuit un număr cunoscut de valori ale vitezei măsurate. Urmează apoi ca datele să fie salvate pe bandă magnetică și ulterior prelucrate conform celor arătate în capitolul precedent. În figura 6 este prezentată sintetic cronograma sistemului de achiziție din care rezultă și performanțele acestuia. Limbajele pentru achiziția de date au fost scrise în cod mașină și parțial în BASIC.

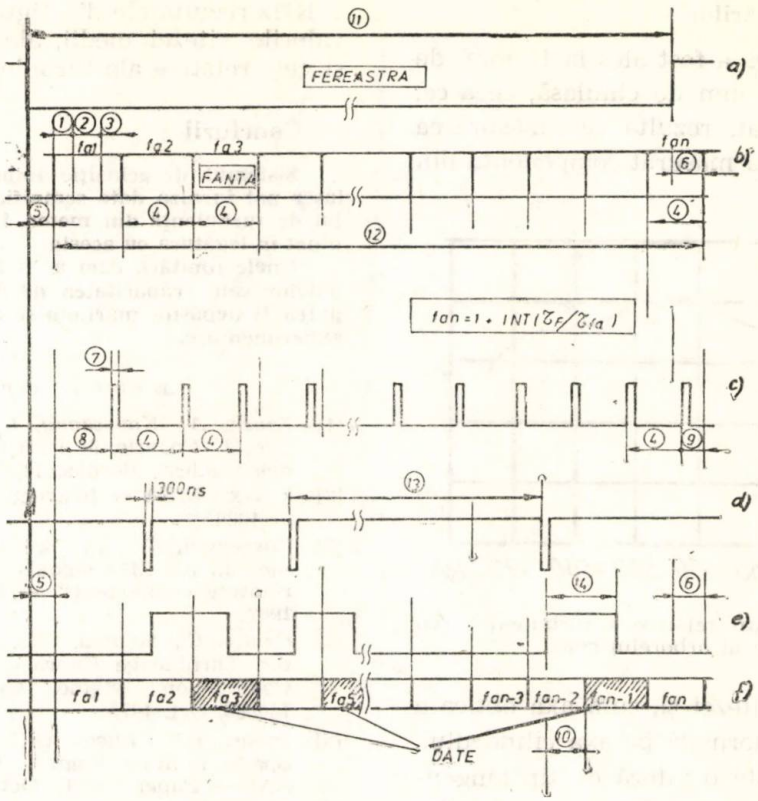


Fig. 6 Cronograma sistemului de achiziție.
a) semnal corespunzător deschiderii ferestrei, FDWIN 4 ; b) semnal pentru formarea fantelor, FANTE ; c) semnalul test, TEST ; d) semnal DR ; e) semnalul conținînd informația utilă pe ieșirea Q ; f) prezentarea fantelor cu date ; 1 — durata testării apariției unui semnal DR, 8 μs ; 2 — durata achiziției propriuzise, 44,57 μs ; 3 — cronometrarea și crearea impulsului TEST, 21,71 μs ; 4 — durata unei fante, 74,285 μs ; 5 — întîrzierea cu care este detectat începutul ferestrei, (12,57 ÷ 20) μs ; 6 — întîrzierea cu care este detectat sfîrșitul ferestrei, (0 ÷ 74,285) μs ; 7 — durata impulsului TEST, 5,14 μs ; 8 — întîrzierea de la începutul ferestrei cu care apare primul impuls TEST (fereastra calculator), 61,14 μs ; 9 — întîrzierea de la ultimul impuls test la sfîrșitul ferestrei calculator, 8 μs ; 10 — întîrzierea între momentul real al apariției și cel înregistrat, (0 ÷ 74,285) μs ; 11 — durata unei ferestre reale ; 12 — durata unei ferestre calculator, τ_{FC} 14,285 × Nr. de ferestre ; 13 — intervalul tipic între două semnale DR (0,2 ÷ 2) ms ; 14 — durata prezenței informației pe ieșirea Q, (19,14 ÷ ÷ 113,4) μs.

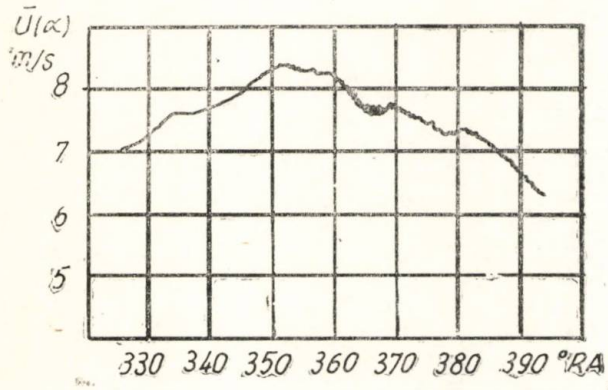


Fig. 7 Viteza medie măsurată funcție de unghiul de rotație al arborelui cotit.

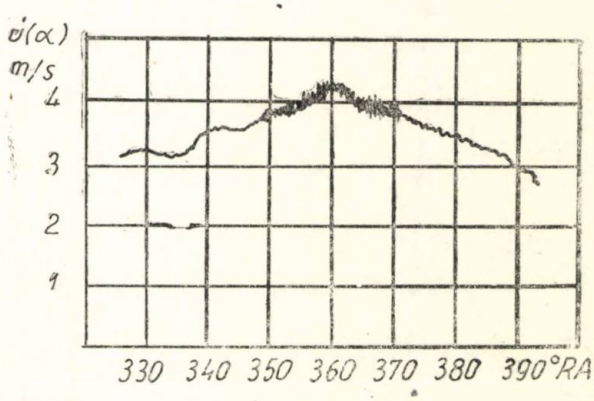


Fig. 8 Variația cu unghiul de rotație al arborelui cotit, a intensității absolute a turbulenței.

Rezultatele măsurărilor

Punctul de măsură a fost ales la 15 mm de axa cilindrului și 12 mm de chiulasă, ceea ce, pentru $\Delta\alpha$ considerat, rezultă că măsurarea s-a făcut în cupă. S-a măsurat componenta din

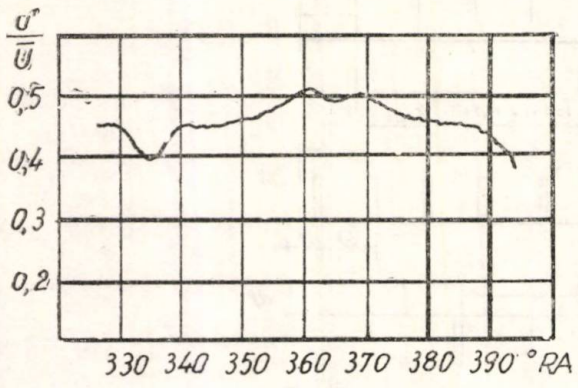


Fig. 9 Variația intensității relative a turbulenței cu unghiul de rotație al arborelui cotit.

planul orizontal al vitezei și, cum axa optică a laserului s-a reglat normală pe axa cilindrului, rezultă că aceasta este o viteză de tip tangențial. (Obs. — Supapa de admisiune a motorului experimental este ecranată). Pentru un număr de 250 cicli, cu o rată a validării de aproximativ 1 KHz rezultatele din figurile 7, 8 și 9 prezintă valorile vitezei medii, ale intensității absolute și cele relative ale turbulenței.

Concluzii

Sistemul de achiziție împreună cu anemometrul laser pot furniza date semnificative asupra fenomenului de turbulență din motor, în cadrul modelului imaginat în legătură cu acesta.

Unele limitări, cum ar fi frecvența de achiziție a datelor sau capacitatea de memorare de date, ar putea fi depășite mărindu-se astfel performanțele în experimentare.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Favre, A. Kovasznay, L.S.G., Dumas, R., Gaviglio, J., Coantic, M.* : La turbulence en mécanique des fluides", Bordas, Paris, 1976, pag. 370—377.

[2] x x x : DISA — Instruction manual for 55X LDA — 1980.

[3] *Caspersen, C.* : „A special data — processing method for LDA signals from flow near and betrotating components" — DISA Elektronik A/S — 1982.

[4] *Dent, J.C., Salama, N.S.* : „The Measurement of the Turbulence Characteristics in an Internal Combustion Engine Cylinder", SAE — Paper 750886, Oct. 1975.

[5] *James, E.H., Lucas, G.G.* : „Turbulent Flow in Spark Ignition Engine Combustion Chambers". SAE — Paper 750885, Oct. 1975.

[6] *Witze, P.O.* : „Hot-Wire Measurements of the Turbulence Structure in a Motored Spark — Ignition Engine", Sandia Laboratories, SAND 77—8233.

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ
pentru
INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

difuzează în anul 1988

materiale de informare despre realizări din țară și din străinătate privind preocupările actuale în domeniul construcțiilor de mașini, de ex.: programul energetic, valorificarea surselor proprii de materii prime, calitatea produselor, economisirea materiilor prime și reciclarea deșeurilor, productivitatea muncii etc.

Materialele sînt grupate în serii:

Simbolul	Denumirea seriei
	REALIZĂRI ALE CERCETĂRII ROMÂNEȘTI
RCM	Revista „Construcția de mașini"
ID	INFORMARE DOCUMENTARĂ asupra nivelului progresului tehnic pe plan mondial în industria construcțiilor de mașini
	Informări pentru cadre de conducere:
IDCM	Informare documentară în construcția de mașini
IDCM-C	Informare documentară în construcția de mașini — conjunctură
IDCM-E	Informare documentară în construcția de mașini-energie
IDCM-O	Informare documentară în construcția de mașini-organizare
IDCM-PM	Informare documentară pentru protecția muncii
	Informări pentru specialiști:
IDT	Informare documentară în turnătorii
IDTT	Informare documentară pentru tratamente termice
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări prin deformare plastică
IDS	Informare documentară pentru sudori
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări la rece
IDCC	Informare documentară pentru calitate și control
IDMK	Informare documentară pentru prognoză și marketing
IDAR	Informare documentară pentru automatizare, robotizare
IDRC	Informare documentară privind reducerea consumurilor de materiale și energie

Simbolul	Denumirea seriei
	SINTEZE DOCUMENTARE privind **nivelul tehnic pe plan mondial** în industria construcțiilor de mașini
SID	Noutăți în diverse domenii
	REALIZĂRI ALE UNITĂȚILOR MICM
CO, CTN, CMA, CA, PTN, SE, CSSM, RSM, CES, CTO, CT	**Cataloage de fișe tehnice** de produse, tehnologii și mecanizări, automatizări autoutilări, SDV-uri Realizări deosebite, omologări standarde etc. Realizări în sudare Echipamente de sudare Produse tipizate, descrieri de tehnologii
	DOCUMENTE NORMATIVE
BI	**Buletinul intern MICM**
NT	Normative tehnice
LPCM, R	Liste de prețuri în construcția de mașini, reduse
ITC	Indicatoare tarifare de calificare
NPM	Normative și ghid de protecția muncii în construcția de mașini
	MATERIALE DOCUMENTARE **în ajutorul proiectării și al producției**
	CERCETĂRI COMPLEXE DE INFORMARE ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ
CCIST-R și P	Cercetări retrospective și continui
SIDCM-A și B	Sistemul de informare documentară automatizat, pentru articole de revistă și brevete

Institutul de Cercetare Ştiinţifică şi Inginerie Tehnologică pentru Industria Construcţiilor de Maşini, înfiinţat încă din anul 1965, are o bogată experienţă în cercetare şi proiectare tehnologică specifică pentru construcţiile de maşini. În cadrul Institutului se desfăşoară trei tipuri de activităţi:

1. Cercetarea de procese tehnologice (metode de fabricaţie) noi în cadrul laboratoarelor special amenajate pentru experimentarea şi optimizarea procedeelor, regimurilor sau reţetelor tehnologice precum şi cercetarea în vederea asimilării în fabricaţia de serie a unor echipamente şi produse noi în domeniile: prelucrări prin aşchiere, ştanţare, ambutisare şi prin tehnologii neconvenţionale, manipulare automată montaj mecanizat şi automatizat, acoperiri de protecţie şi decorative, control activ, interoperaţional şi final.

2. Elaborarea de tehnologii integrate şi sisteme complexe de fabricaţie pentru prelucrarea unor piese sau grupe de piese sau produse, cu adoptarea celor mai eficiente procedee, inclusiv proiectarea maşinilor speciale, dispozitivelor şi sculelor.

3. Execuţia, în limita capacităţilor propriului său atelier, a echipamentelor tehnologice proiectate. Acordarea de asistenţă tehnică pentru punerea în funcţiune la parametrii proiectaţi a proiectelor elaborate.

ICTCM EFECTUEAZĂ: ● Studiul problemelor tehnologice individuale sau legate de realizarea unui anumit produs ; ● Elaborarea de procedee tehnologice noi sau dezvoltarea şi îmbunătăţirea unor tehnologii existente ; ● Experimentarea în laborator şi în producţie a procedeelor elaborate ; ● Întocmirea proiectelor de execuţie pentru liniile, maşinile dispozitivele sau sculele necesare aplicării tehnologiilor elaborate ; ● Întocmirea proiectelor de utilare tehnologică a secţiilor sau atelierelor în care se vor realiza tehnologiile respective ; ● Construcţia în ateliere proprii a utilajelor proiectate ; ● Execuţia de prototipuri de maşini şi dispozitive şi experimentarea acestora în vederea introducerii lor în fabricaţia de serie ; ● Elaborarea de metode de măsură şi control interoperaţii şi final, proiectarea şi executarea utilajelor necesare controlului şi sortării cu diferite grade de automatizare ; ● Proiectarea şi eexcutarea de bancuri de probă pentru studii de laborator şi fabricaţia de serie ; ● Organizarea fabricaţiei, transportului intern şi depozitării în secţiile şi atelierele destinate aplicării noilor tehnologii, planificarea şi urmărirea producţiei ; ● Elaborarea de sisteme pentru automatizarea pregătirii tehnologiei precum şi pentru planificare, lansare şi urmărire cu ajutorul calculatorului electronic ; ● Acordarea de asistenţă tehnică pentru aplicarea procedeelor tehnologice elaborate şi pentru punerea în funcţiune a utilajelor proiectate şi executate; ● Acordarea de licenţe, know-how şi punerea la dispoziţie a documentaţiei de execuţie pentru lucrările executate de institut.

balkancarpodem

Mecanizarea și automatizarea depozitelor cu dispozitive pentru deservirea rafturilor înalte

Folosirea eficientă a spațiului de depozitare cu ajutorul mașinilor standard de deservire a dispozitivelor de rafturi :

Capacitatea de încărcare — 160, 500, 1000, 1600 și 2000 kg

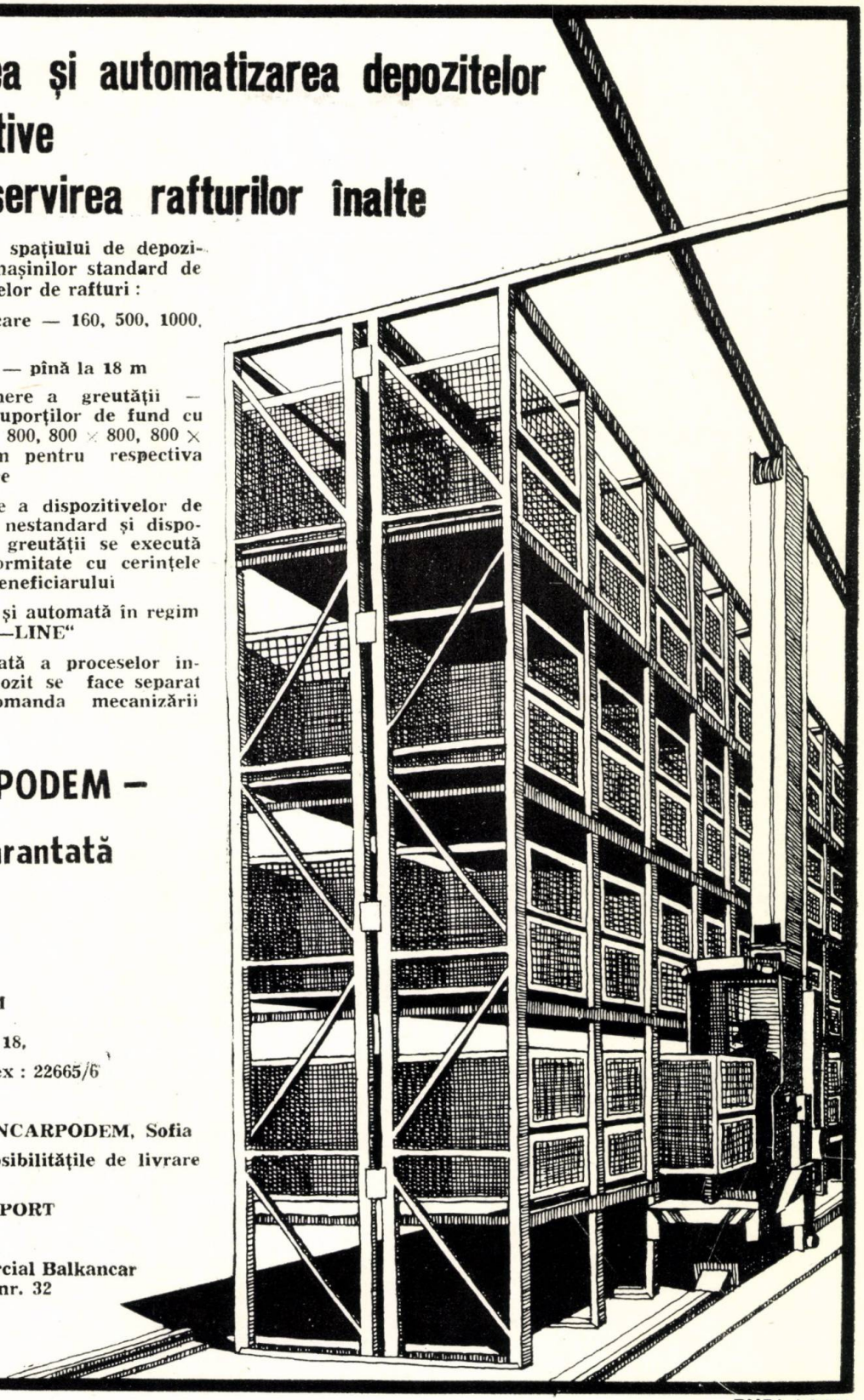
Înălțimea de ridicare — pînă la 18 m

Dispozitive de susținere a greutății — pentru prelucrarea suporților de fund cu dimensiuni de 600 × 800, 800 × 800, 800 × 1200, 1200 × 1600 mm pentru respectiva capacitate de încărcare

Mașinile de deservire a dispozitivelor de rafturi cu parametri nestandard și dispozitive de susținere a greutății se execută la comandă în conformitate cu cerințele tehnice concrete ale beneficiarului

Comanda — manuală și automată în regim „OFF—LINE" și „ON—LINE"

Comanda computerizată a proceselor informaționale din depozit se face separat sau integrat cu comanda mecanizării depozitului



BALKANCARPODEM –

Fiabilitate garantată

de calitate!

EXPORTATOR :

BALKANCARPODEM
Bulgaria, 1040 Sofia
Bd. Kliment Ohridski 18,

Telefon : 75—301, Telex : 22665/6

Telefax : 771 396

Telegrame : BALKANCARPODEM, Sofia

Informații privind posibilitățile de livrare se pot obține la

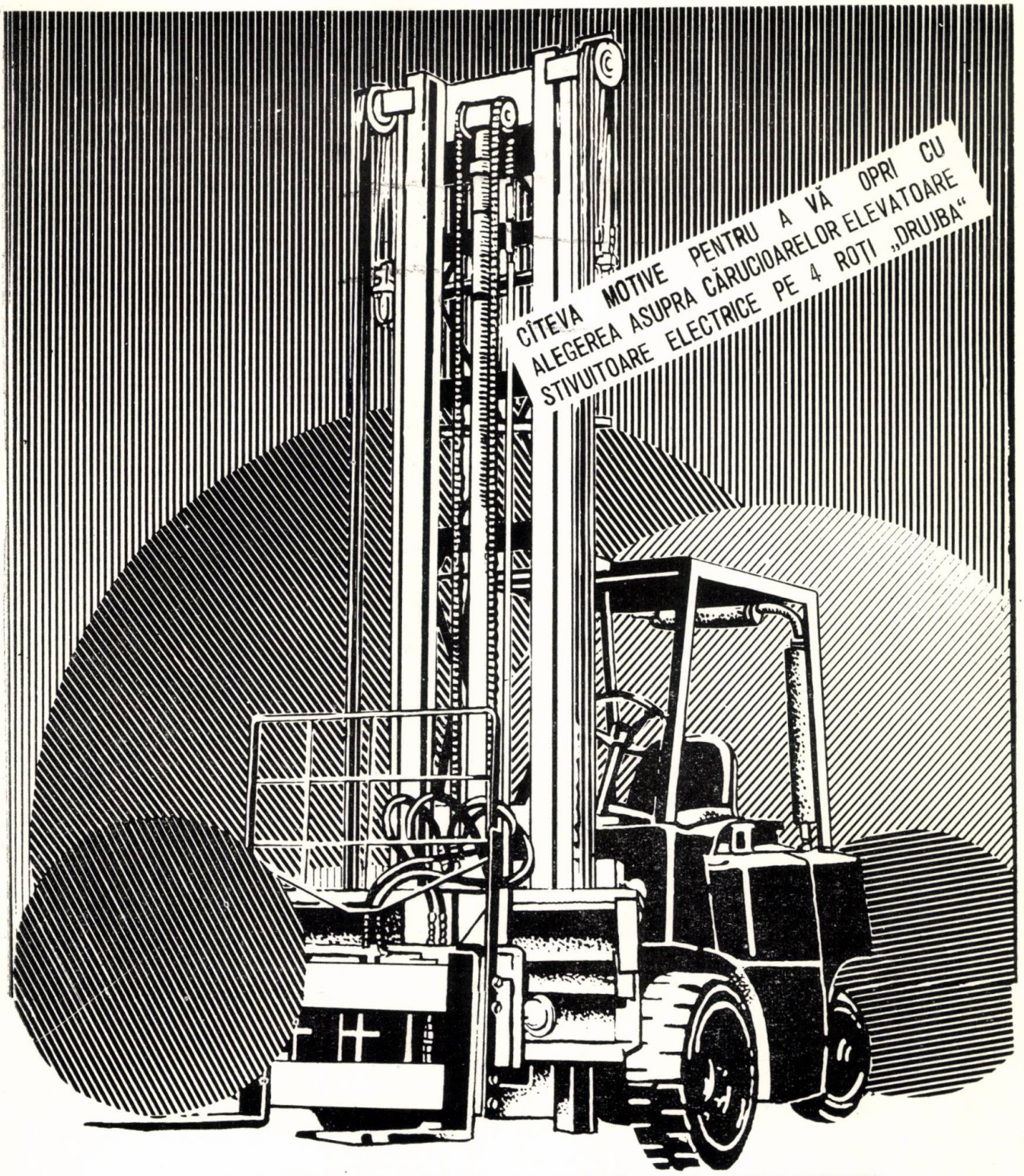
MECANOEXPORTIMPORT

Consultații tehnice :

Biroul tehnic și comercial Balkancar
București, Str. Galați nr. 32

Telefon : 11 91 62

PUBLICOM



CARUCIOARELE DE MANIPULARE DE CARE AVEȚI NEVOIE
NU FORȚA, CI INTELIGENȚA LE CONFERĂ VALOAREA

— interschimbabilitate totală a ansamblelor elevatoare, echipament-roți, motoare electrice de diferite puteri
— posibilitate de modificări structurale speciale
— construcție în game complete, rezultatul unei concepții modulare
— putere energetică ridicată

DRUJBA — 1, DRUJBA — 2 și DRUJBA — 3

— capacitate de încărcare — 1250, 1600, 2000, 2500, 3000, 3200 și 3500 kg
— înălțime de ridicare — 2800, 3300, 4000, 4500 și 5200 mm
— anvelope din cauciuc masive sau superelastice, pneumatice

Productivitatea este o calitate foarte importantă. Dar aceasta nu reprezintă totul! Noi vă propunem în plus securitatea la locul de muncă

balkancarimpex
balkancar

Uniunea economică BALKANCAR
Bulgaria, 1618 Sofia, Bd. „Deveti septemvri“ 126
Telefon : 55 00 21, Telex : 22061/2

Societatea comercială BALKANCARIMPEX
Bulgaria, 1040 Sofia, Bd. Kliment Ohridski 18
Telefon : 75—301, Telex : 23023, 23175, 23431/2

Publicom

ORSZÁGOS MUSZAKI INFORMÁCIÓS * HÖZPONT ÉS KÖNYVTÁR * 1883

— Domenii de activitate ale I.N.M.T. —

1989 JUL 27

CERCETĂRI LUBRIFICAȚIE, TRIBOLOGIE, COMBUSTIBILI,

— **CERCETĂRI PROCESE ȘI ECHIPAME**
— **CERCETARE EXPERIMENTARE MOTOARE TERMICE**

PROGNOZĂ, TIPIZĂRI, NORME, BREVETE

— **MODELĂRI MATEMATICE ȘI REALIZĂRI DE PROGRAME**
— **PROIECTARE CERCETARE ȘI EXECU ASISTATĂ DE CALCULATOR**

MICROPRODUCȚIE DE STANDURI ȘI COMPONENTE

E3279

GSE

FORTUS

COMBINATUL
DE UTILAJ GREU
IASI

R 1988 DEC 27

Referativ

CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

10

BUCUREŞTI ■ XXXX ■ OCTOMBRIE ■ 1988

COMBINATUL DE UTILAJ GREU IAȘI — ROMÂNIA

BULEVARDUL ILIE PINTILIE Nr. 10 ; CASUȚA POȘTALĂ 2003 ;
TELEFON 981 — 3 06 20 ; TELEX 22322 ; COD 6600.

THE HEAVY EQUIPMENT PLANT IASSY — ROMANIA

No. 10, ILIE PINTILIE BLDV.
Tel 981/3 06 20 ; Tlx. 22—322
P.O.B. 2003 ; Postal code 6600

DOTAT CU MAȘINI ȘI UTILAJE MODERNE ȘI DE ÎNALTĂ TEHNICITATE

produce și livrează :

1. — PIESE FORJATE

cu masa cuprinsă între 5 și 120 tone/buc. din oțel carbon sau aliat ce au caracteristici mecanice garantate după încercări sau control ultrasonic. Aceste piese se pot obține în stare eboșată sau prelucrate mecanic final, cu tratamente termice primare sau secundare, printre care :

- **bare, axe, arbori cu diametre de la 160 la 2 000 mm și lungimi de la 9 pînă la 25 m ;**
- **flanșe ;**
- **discuri pline și găurite cu diametre de la 400 mm pînă la 2 000 mm și grosimi de la 100 mm pînă la 1 600 mm ;**
- **blocuri pentru matrițe ;**
- **inele forjate pe dorn ;**
- **piese cave forjate pe dorn.**

2. — PIESE TURNATE DIN FONTĂ

unicate sau de serie cu masa cuprinsă de la 4 tone/buc. pînă la 120 tone/buc., prelucrate mecanic, eboș sau final, cu tratamente termice primare, după tehnologia și cu modelele noastre sau după tehnologia și cu modelele beneficiarului :

- **utilaje de turnare ca : lingotiere de orice tip, poduri de turnare, maselotiere etc. ;**
- **batiuri pentru mașini-unelte grele ;**
- **cilindri din adamit etc. ;**
- **cilindri turnați din fontă cu crustă dură.**

3. — PIESE TURNATE DIN OȚEL

unicate sau de serie, de orice marcă, cu masa cuprinsă între 0,5 tone/buc. și 100 tone/buc. :

- **brut turnate sau prelucrate eboș ori final, tratate termic primar, după tehnologia și modelele noastre sau după tehnologia și modelele beneficiarului :**
- **utilaje de turnare de orice formă sau dimensiuni ;**
- **diverse piese de schimb pentru utilajele enumerate ;**
- **lingouri din oțeluri obișnuite și din oțeluri speciale din toată gama.**

4. — UTILAJ METALURGIC

cu masa de 5 pînă la 250 tone/buc. :

- **oale de turnare, oale de zgură pentru siderurgie ;**
- **vagoneți de turnare și transport, utilaje de turnare ;**
- **utilaje grele pentru laminoare și oțelării : caje de laminor, bare de cuplare, cilindri, utilaje auxiliare etc. ;**
- **convertizoare și părți convertizoare ;**
- **părți de furnale : conducte inelare, de aer cald etc. ;**
- **utilaj pentru cocsochimie.**

5. — UTILAJE PENTRU INDUSTRIA MATERIALELOR DE CONSTRUCȚIE ȘI REFRACTARE

- **mori de ciment ;**
- **fabrici de ciment ;**
- **concasoare ;**
- **mori pentru măcinarea minereurilor ;**
- **elevatoare, grateuze etc.**

6. — UTILAJE PENTRU DEFORMAREA PLASTICĂ A METALELOR

- **ciocane de forjare liberă din gama 1 250 — 5 000 kgf ;**
- **ciocane matrițoare de forjare de 25 000 daNm;**
- **ciocane matrițoare de forjare de 40 000 daNm.**

7. — POMPE CENTRIFUGALE DE MARE CAPACITATE

- **pompe pentru irigații de tip MV, MVU sau AVR ;**
- **pompe pentru centrale nucleare.**

8. — UTILAJE PENTRU INDUSTRIA PETROLIERĂ

- **habe petroliere de orice capacitate ;**
- **pompe de noroi de tipul 2 PN—400 ;**
- **elevatori, broaște etc.**

9. — SCULE AȘCHIETOARE DE DIVERSE FORME ȘI DIMENSIUNI

10. — PIESE DE SCHIMB PENTRU MAȘINI-UNELTE GRELE ȘI FOARTE GRELE

11. — SCULE ȘI DISPOZITIVE DE MARE PRODUCTIVITATE PENTRU MAȘINI DE ÎNALTĂ PERFORMANȚĂ

12. — INSTALAȚII DE AUTOMATIZARE ȘI ACȚIONARE

(după proiectul nostru sau al beneficiarului) :

- **instalații și echipamente de automatizare ;**
- **acționări electrice, hidro-pneumatice pentru utilaje industriale de toate tipurile ;**
- **instalații de automatizare și de ardere pentru cuptoare de încălzire și de tratament termic ;**
- **arzătoare cu impuls pentru combustibil gaz metan și echipamente de comandă ale acestora ;**
- **echipament de automatizare pentru instalația de transport pneumatic al nisipului.**

13. — UTILAJ REFRACTAR

- **incineratoare ;**
- **cuptoare și uscătoare rotative ;**
- **schimbătoare de căldură.**

14. — UTILAJ ENERGETIC

- **vane fluture ;**
- **turbine KOTR 13,5 MW.**

CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
EDITOR : OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ANUL XXXX, 10, octombrie, 1988

CUPRINS

BELDIE, CAMELUȚA :	**Realizări și perspective în colaborarea științifică dintre Institutul Politehnic Iași și Combinatul de Utilaj Greu Iași***	529
MERTICARU, V., BUHAC, GH. :	**Construcția de mașini și metalurgia în perspectiva anului 2000***	530
MANGERON, D.I., LARCO, I., PAVEL, I., IONIȚĂ, N. :	**Eficiența întreprinderii rezultată din influența mărcii de fabrică, de comerț și de serviciu asupra cumpărătorilor***	533
BELOUS, V. :	**Trei căi posibile în cadrul fluxului general al invenției***	538
PRISECARU, GH., BERCEA,. M., CIOBANU, M. :	**Metodă practică de apreciere a regimului de ungere în rulmenți***	542
GAFIȚANU, M., HANTELMANN, MARIANA, OLARU, D. :	**Unele considerații asupra coeficientului de frecare și rostogolire***	546
POPOVICI, A., DRĂGAN, B., POPINCEANU, N. :	**Posibilități de punere în evidență a peliculei de lubrifiant la angrenaje***	550
CHIRIACESCU, S.T., CRĂCIUNAȘ, AURORA CRĂCIUNAȘ, P.T., LARCO, I., MANGERON, D.I., IONIȚĂ, N. :	**Precizia determinării caracteristicilor în frecvență, în tehnica analizei modale cu un singur excitator de vibrații***	552
DIMA, A., COMAN, GH., GRANCEA, V., ȘTEFAN, M., LARCO, I.,	**Direcții de cercetare privind optimizarea tehnologiilor și instalațiilor de încălzire pentru deformare plastică și tratamente termice***	556
HERGHELEGIU, IULIANA, HERGHELEGIU, GH. :	**Studiu privind îmbunătățirea parametrilor tehnologici și de ardere ai cuptoarelor de încălzire și tratament termic***	559
DUMITRESCU, T., BERLEA, I., TILICĂ, I., POTECAȘU, O. :	**Instalație pentru călirea cilindrilor de laminor în aer forțat***	564
SALOMEIA, LĂCRĂMIOARA, SÎRBU, T., IRIMICIUC, N., HORBANIUC, D. :	**Modelul matematic al comportamentului dinamic al unui rotor dezechilibrat montat în mașina de echilibrare***	565

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului Științific al Institutului Central pentru Construcții de Mașini

Redactor șef : ing. Teodosia Oprescu
Redactor : Șerban Teodorescu
Coordonatori științifici : Ing. Ioan Pavel, ing. Ioan Larco

Rezistența materialelor

BEJAN, M., GRECU, D.: **Nomogramă pentru calculul flambajului în domeniul elastic** 569

BALAȘIU, D.: **Diagnosticarea ruperilor la oboseală prin metoda coeficienților ponderali** 574

* **Lucrări prezentate în cadrul Sesiunii de comunicări tehnico-științifice FORTUS '87, Iași, 20—21 octombrie, 1987.**

ATTENTION!

Foreign readers can subscribe through ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex: 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ACHTUNG!

Ausländische Leser können sich abonnieren durch ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex: 10376 prsfir, București. Calea Griviței nr. 64—66.

ATTENTION!

Les lecteurs étrangérs de la revue pourront prendre des abonaments par ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box. 12—201 — telex: 10376 prsfir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

ВНИМАНИЕ!

Читатели иностранных стран могут абонироваться при ROMPRESFILATELIA — sectorul export-import presă. P.O. Box 12—201 — telex: 10376 prefir, București, Calea Griviței nr. 64—66.

Revista „CONSTRUCȚIA DE MAȘINI", organ al Ministerului Industriei Construcțiilor de Mașini din Republica Socialistă România. Redacția la: Oficiul de informare documentară pentru industria construcțiilor de mașini, cu sediul în București, Calea Victoriei, 133, sector I, telefon 50.31.30; sau 59.71.35. Instituțiile pot achita abonamentele în contul de virament ICTCM, 30.16.7.01.01 B.N.—R.S.R., filiala sector IV sau prin mandat poștal la ICTCM, șos. Olteniței, nr. 105, București, sector 4, pentru revista „Construcția de mașini". Tarif: 150 lei anual. Costul unui exemplar: 12,50 lei Index D.E.P. 41023

Tiparul: Tipografia „Ploiești" str. Transilvaniei, nr. 29.

SUMARE

CZ : 621 : 669 : 65.012.23

Merticaru, M., Buhac, Gh.: **Construcția de mașini și metalurgia în perspectiva anului 2000**

În lucrarea de față se tratează, în mod succint dar benefic pentru specialiști, problemele de viitor ale resurselor minerale, energetice, biologice și umane. Din statisticile prezentate în tabelele anexate, se observă că omenirea își îndreaptă atenția spre materiale, tehnologii și sisteme noi de lucru.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 10, 4 tab., 4 ref. bibl.

CZ : 330.322.5

Mangeron, D. I., Larco, I., Pavel, I., Ioniță, N.: **Eficiența economică a întreprinderii rezultată din influența mărcii de fabrică, de comerț și de serviciu asupra cumpărătorilor**

După un scurt istoric al mărcilor de fabrică, de comerț și de serviciu, în general (și al mărcii FORTUS cu desen, în special), se analizează importanța, efectul și strategia economică a produselor și serviciilor oferite celor interesați, sub o anume marcă.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 10, 6 ref. bibl.

CZ : 001.894

Belous, V.: **Trei căi posibile în cadrul fluxului general al inventicii**

Autorul descrie (din numeroasele metode) trei din căile de creație ce trebuie să le cunoască o persoană care dorește să făurească un bun necesar. Din experiența autorului, reiese că aceste trei căi sînt eficiente și pot fi însușite de cei interesați.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 10, 1 fig., 36 ref. bibl.

CZ 62-72 : 621.822.61/.8

Prisecaru, Gh., Bercea, M., Ciobanu, M.: **Metodă practică de apreciere a regimului de ungere în rulmenți**

Cunoscînd toți parametrii de care depinde durabilitatea rulmenților, se prezintă în continuare cîteva încercări experimentale ale autorilor, efectuate cu ajutorul unei instalații ce poate fi utilizată în laborator, cît și în aplicațiile industriale, pentru a se determina regimul de ungere al lagărelor de rostogolire.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 10, 7 fig., 12 ref. bibl.

CZ : 531.46

Gafițanu, M., Hanțelman, Mariana, Olaru, D.: **Unele considerații asupra coeficientului de frecare și rostogolire**

Studiile actuale îndreptățesc concluzia că separarea, pe cale experimentală, a factorilor ce generează pierderi prin frecare la rostogolire este extrem de dificilă, iar măsurarea pierderilor — aproape imposibilă.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 10, 2 tab., 10 ref. bibl.

CZ : 621.89

Popovici, A., Drăgan, B., Popinceanu, N.: **Posibilități de punere în evidență a peliculei de lubrifiant la angrenaje**

S-a încercat stabilirea unui lanț de punere în evidență și măsurare a grosimii peliculei de lubrifiant la angrenaje, stabilită cu ajutorul unui generator de semnal adoptat după un analizator Brüell &Kjaer și un înregistrator de diagrame x—y.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 10, 3 fig., 10 ref. bibl.

CZ 534.63

Chiriacescu, S., Crăciunaș, Aurora, Crăciunaș, P. T., Larco, I., Mangeron, D.I., Ioniță, N.: **Precizia determinării caracteristicilor în frecvență în tehnica analizei modale cu un singur excitator de vibrații**

Folosirea excitatorilor electrodinamici de vibrații și măsurarea forțelor de excitație cu ajutorul captorilor de forțe de diverse tipuri pot introduce erori care se repercutează asupra caracteristicilor în frecvență ale structurilor elastice. Folosind un model general al excitării structurii elastice liniare într-un singur punct, în lucrarea de față sînt stabilite expresiile complianțelor dinamice în cazul excitării prin metoda relativă. Aceste expresii permit evaluarea influenței diverșilor factori (inconstanța tensiunii electrice de alimentare a excitatorului, parametrii dinamici ai excitatorului și ai captorului de forță etc.) asupra caracteristicilor dinamice (reale) ale structurii testate. Cîteva particularizări ale relațiilor obținute conduc la rezultate prezentate în literatura de specialitate [3, 4, 6, 9] etc.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 10, 4 fig., 13 ref. bibl.

CZ : 621.733

Dima, A., Coman, Gh., Grancea, V., Ștefan, M., Larco, I.: **Direcții de cercetare privind optimizarea tehnologiilor și instalațiilor de încălzire pentru deformare plastică și tratamente termice**

Pentru a avea un randament cît mai bun la arderea combustibililor în cuptoarele de încălzire și tratament termic, se impune a se respecta cîteva din principalele condiții de funcționare a instalației de ardere.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 10, 1 fig., 5 ref. bibl.

CZ : 621.783.2

Herghelegiu, Iuliana, Herghelegiu, Gh.: **Studiu privind îmbunătățirea parametrilor tehnologici și de ardere ai cuptoarelor de încălzire și tratament termic**

Soluționarea descrisă folosește deflectoare hiperboloide în fața arzătoarelor distribuind uniform energia radiată și evitînd supraîncălzirea unor suprafețe din lingouri și piese supuse la prelucrări plastice și tratament termic.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 10, 5 fig.

CZ : 621.783.2 : 621.771.07

Dumitrescu, T., Berlea, I., Tilică, I., Potecașu, O.: **Instalație pentru călirea cilindrilor de laminor în aer forțat**

În lucrare se descrie o instalație de călire a cilindrilor de laminor, cu ajutorul căreia se asigură o uniformizare a structurii grăunților, realizată în regim de răcire controlat.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 10, 1 fig., 5 ref. bibl.

CZ : 62-755

Salomeia, Lăcrămioara, Sîrbu, T., Irimiciuc, N., Horbaniuc, D.: **Modelul matematic al comportamentului dinamic al unui motor dezechilibrat montat în mașina de echilibrare**

În vederea echilibrării rotorilor se dă un model matematic de calcul al tuturor eforturilor ce apar în lagărele instalației de echilibrare.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 10, 1 fig., 5 ref. bibl.

CZ : 624.075.2

Bejan, M., Grecu, D.: **Nomogramă pentru calculul flambajului în domeniul elastic**

După o prezentare generală a calculului la flambaj în domeniul elastic — specific construcției de mașini — lucrarea detaliază modul de construcție a unei nomograme și utilizarea ei în acest calcul.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 10, 4 fig., 2 tab., 4 ref. bibl.

CONTENTS

DC : 621 : 669 : 65.012.23

Merticaru, M., Buhac, Gh.: **Machine Building and Metallurgy in the Perspective of the Year 2000**

The present paper briefly presents for the specialists, problems refering to the future of mineral, biological, energetic and human resources. From the statistics presented in the tables attached we may note that mankind is oriented towards new important materials, new technologies and working systems for surviving as a human being on our Planet.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 10, 4 Tabs., 4 Paps.

DC : 330.322.5

Mangeron, D. I., Larco, I., Pavel, I., Ioniță, N.: **The Economic Efficiency of the Enterprise, Resulting from the Influence Exerted by the Trademark, the Factory Mark and by Service on the Buyers**

The paper generally deals with a brief history of the factory marks, trademarks and service marks and in particular with the FORTUS trademark, drawing included, also revealing the importance, the effect and the economical strategy the products and of the services presented, under a certain mark, for those interested in.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 10, 6 Paps.

DC : 001.894

Belous, V.: **Three Possibilities within the General Flux of Inventics**

From the vastity of methods, attempts were made to describe only three possibilities of creation a human being has to know order to make goods for everybody. From the author's experience resulted that three ways are efficient and may be applied by those interested in.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 10, 1 Fig., 36 Paps.

DC 62-72 : 621.822.61/.8

Prisecaru, Gh., Bercea, M., Ciobanu, M.: **The Practical Method of Evaluating the Bearing Lubrication Mode**

Knowing all the parameters which the working life of the bearings depends on, the authors made some attempts by means of a plant which may be employed both in the laboratory and in industry for determining the lubricating of the rolling-friction bearing.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 40, 7 Figs., 12 Paps.

DC : 531.46

Gafițanu, M., Hanțelman, Mariana, Olaru, D.: **Some Considerations on Friction and Rolling Coefficient**

The present studies justify our conclusion that the experimental factor separation generating rolling-friction losses is extremely difficult and the loss measuring is almost impossible.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 10, 2 Tabs., 10 Paps.

DC : 621.89

Popovici, A., Drăgan, B., Popinceanu, N.: **Possibilities of Revealing the Gears Lubricant Film**

Attempts were made to set a measuring and evidencing chain for gear lubricant film thickness established by means of a randomizer adopted from a Brüell & kjaer analyser and from a x—y diagram recorder.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 10, 3 Figs., 10 Paps.

DC : 534.63

Chiriacescu, S., Crăciunaș, Aurora, Crăciunaș, P. T., Ioniță, N., Mangeron, D.I., Larco, I: **The Accuracy of Determining the Frequency Characteristics in the Modal Analysis Technique Using One Vibration Exciter**

The use of the electrodynamic vibration exciters and the measuring of the excitation forces by means of various power pick-ups can induce errors influencing the frequency characteristics of the elastic structures. Using a general model of exciting the liniearelastic structure in one point we determine, in the present paper, the expressions of the dynamic relations in the case of excitation by relative methods. These expressions allow the assessment of the influence of various factors (inconstancy of the exciter supply voltage, the dynamic parameters of the exciter and of power pick-up etc.) on the dynamic actual characteristic of the tested structure. A new examples of the relations obtained give the results presented in literature [3, 4, 6, 9] etc.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 10, 4 Figs., 13 Paps.

DC : 621.783

Dima, A., Coman, Gh., Grancea, V., Ștefan, M., Larco, I.: **Searching Lines Regarding the Optimizing of the Technologies and Heating Plant for Plastic Deformation and Heat Treatments**

For improving the performances of fuel combustion on heating and heat treatment furnaces, some of the main functioning requirements of the burning plant have to be met.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 10, 1 Fig., 5 Paps.

DC : 621.783.2

Herghelegiu, Iuliana, Herghelegiu, Gh.: **An Approach on the Improvement of the Technological and Burning Parameters of Heating and Heat Treatment Furnaces**

Hyperboloid deflectors were employed placed in front of the burners, the radiaxted energy being evenly distributed and avoiding overheating of some ingot surfaces and of some heat treated and plastic processed workpieces

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 10, 5 Figs.

DC : 621.783.2 : 621.771.07

Dumitrescu, T., Berlea, I., Tilică, I., Potecașu, O.: **Hardening Plant for Rolls in Forced Air**

The paper deals with a roll hardening plant insuring the structure homogenity and grain lowering in a cooling controlled mode.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 10, 1 Fig., 5 Paps.

DC : 62-755

Salomeia, Lăcrămioara, Sîrbu, T., Irimiciuc, N., Horbaniuc, D.: **The Mathematical Model of the Dynamic Behaviour of an Unbalanced Rotor Fixed in the Balancing Machine**

For gear balancing a computation mathematical model for all forces occurring within the balancing instalation bearings is given.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 10, 1 Fig., 5 Paps.

DC : 624.075.2

Bejan, M., Grecu, D.: **Nomogramm to calculate the buckling in elastic field**

After a general lay out of the calculation by buckling in elastic field — specific for machine construction — the item gives in full details the construction manner of a nomogramm and his application in this calculation.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 10, 4 Figs., 2 Tabs., 4 Paps.

SOMMAIRES

CD : 621 : 669 : 65.012.23

Merticaru, V., Buhac, Gh. : **La construction de machines et la metallurgie en l'an 2000**

Le présent ouvrage traîte brievement des problèmes concernant l'avenir des ressources minérales, énergétiques, biologiques et humaines. En étudiant les statistiques des tableaux annexés on observe que l'humanité s'oriente vers de nouveaux et importants matériaux à utiliser, des technologies et systèmes de travail pour survivre comme être sur la Terre.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 10, 4 tab., 4 réf. bibl.

CD : 330.322.5

Mangeron, D. I., Larco, I., Pavel, I., Ioniţă, N. : **L'efficience économique de l'Entreprise due à l'influence de la marque de fabrique, de commerce et de service sur les acheteurs**

Un court exposé des marques de fabrique, de commerce et de service en général et de la marque FORTUS dessin inclu en particulier, tout comme l'importance, l'effet et la stratégie économique des produits et des services qu'on fait connître à ceux qui y sont intéressés sous une certaine marque sont brièvement présentés dans cet ouvrage.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 10, 6 réf. bibl.

CD : 001.894

Belous, V. : **Trois possibilités dans le flux général des inventions**

Le matériel tente de décrire seulement trois des vastes méthodes de création que doit connaître celui qui veut créer des biens matériels. L'expérience de l'auteur a démontré que ces trois possibilités sont efficaces et peuvent être acquises par ceux avisés.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 10, 1 fig., 36 réf. bibl.

CD : 62-72 : 621.822.61/6

Prisecaru, Gh., Bercea, M., Ciobanu, M. : **Méthode pratique d'appréciation du régime de lubrification pour les roulements**

Connaissant tous les paramètres dont dépend la durabilité des roulements on a fait quelques experiments a l'aide d'une installation utilisable tant dans le laboratoire que dans l'industrie en vue de la détermination du régime de lubrification pour les roulments.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 10, 7 fig., 12 ref. bibl.

CD : 531.46

Gafiţanu, M., Hanţelman, Mariana, Olaru, D. : **Quelques considérations sur le cofficient de frottement et de roulage**

La présente étude nous autorise à conclusionner que la séparation par voie expérimentale des facteurs qui produisent des pertes par frottement au roulage est extrêmement difficile et leur mesure est presque impossible.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 10, 2 tab., 10 réf. bibl.

CD : 621.89

Popovici, A., Drăgan, B., Popinceanu, N. : **Possibilités de mise en évidence de la pellicule lubrifiante sur les engrenages**

O a essayé d'établir une chaîne de mise en évidence et de mesure de l'épaisseur de la pellicule lubrifiante aux, engrenages, déterminée à l'aide d'un générateur de signal adopté d'après un analyseur Brüell &kjaer et un enregistreur sur de diagrammes $x—y$.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 10, 3 fig., 10 réf. bibl.

CD : 534.63

Chiriacescu, S., Crăciunaş, Aurora, Crăciunaş, P. T., Ioniţă, N., Mangeron, D.I. : **La précision de détermination des caractéristiques en fréquence dans la technique de l'analyse modale avec un seul excitateur de vibrations**

L'emploi des excitateurs électrodynamiques de vibrations et la mesure des forces d'excitation á l'aide des capteurs de forces de différents types peuvent introduire des erreurs qui ont des répercussions sur les caractéristiques en fréquence des structures élastiques. Employant un modèle général de l'excitation de la structure élastique linéaire dans un seul point, le présent ouvrage établit les expressions des relations dynamiques dans le cas de l'excitation par la méthode relative. Ces expressions permettent l'évaluation de l'influence des divers facteurs (l'inconstance de la tension électrique l'alimentation de l'excitateur, les paramètres dynamiques de l'excitateur et du capteur de force etc.) sur les caractéristiques dynamiques (réelles) de la structure testée. Quelques particularités des relations obtenues mènent aux résultats présentés dans la littérature spécialisée [3, 4, 6, 9] etc.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 10, 4 fig., 13 réf. bibl.

CD : 621.783

Dima, A., Coman, Gh., Grancea, V., Ştefan, M., Larco, I. : **Orientations de recherche concernant l'optimisation des technologies et des instalations de chauffage pour la déformation plastique et les traîtements thermiques**

Pour obtenir un meilleur rendement de la consommation de combustible dans des fours à chauffage et de traitement thermique il faut respecter quelques des conditions principales de fonctionnement de l'installation de chauffage

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 10, 1 fig., 5 réf. bibl.

CD : 621.783.2

Herghelegiu, Iuliana, Herghe'egiu, Gh. : **Etude sur l'amélioration des paramètres technologiques et de traîtement thermique**

La solution emploie des déflecteurs hyperboloides devant les brûleurs qui, distribue uniformément l'énergie rayonée en évitant le surchauffage des certaines surfaces des lingots et des pièces sounises à l'usinage plastique et au traîtement thermique.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 10, 5 fig.

CD : 621.783.2 : 621.771.07

Dumitrescu, T., Berlea, I., Tilică, I., Potecaşu, O. : **Installation de trempe à l'air forcé pour les cylindres de laminoir**

L'ouvrage présente une installation de trempe pour les cylindres de laminoir par laquelle on assûre l'homogénéité de la structure et la diminuation des grains, en régime contrôlé de refroidissement.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 10, 1 fig., 5 réf. bibl.

CD : 62-755

Salomeia, Lăcrămioara, Sîrbu, T., Irimiciuc, N., Horbaniuc, D. : **Le modèle mathématique du comportement dynamique d'un rotor déséquilibré monté dans la machine à équilibrer**

Pour l'équilibrage des rotors on donne un modèle mathématique de calcul de tous les efforts qui se produisent dans les paliers de l'installation à équilibrer.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 10, 1 fig., 5 réf. bibl.

INHALTSVERZEICHNIS

DK : 621 : 669 : 65.012.23

Merticaru, V., Buhac, Gh.: **Maschinenbau und Metallurgie in der Perspektive der Jahre 2000**

In der vorliegenden Arbeit werden für die Spezialisten die künftigen Probleme der mineralischen, energetischen, biologischen und menschlichen Ressourcen kurz und mit Reserven behandelt. Aus den in den beigefugten Tabellen vorgeigneten Statistiken geht hervor, dass die Menschheit auf neue und wichtige Anwendungsstoffe, neue Technologien und Arbeitssysteme die Aufmerksamkeit schenkt, um als Lebewessen auf der ERDE-Planet lebendig zu sein.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 10, 4 Taf., 4 Lit.

DK : 330.322.5

Mangeron, D. I., Larco, I., Pavel, I., Ioniţă, N.: **Die ökonomische Wirksamkeit des Werkes, die aus dem Einfluss der Werks —, Handels — und Dienstmarke auf die Käufer folgt**

Eine kurze Geschichte der Werks —, Handels — und Dienstmarken im allgemeinen und besonders der gezeichneten FORTUS — Marke sowie die Bedeutung, das Ergebniss und die ökonomische Strategie der Produkten und Dienste, die den einer gewissen Marke zugehörigen Fachleuten bekanntgemacht werden, sind in dieser Arbeit kurz behandelt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 10, 6 Lit.

DK : 001.894

Belous, V.: **Drei mögliche Wege im allgemeinen Erfindungsrahmen**

Im dem folgenden veröffentlichten Material versucht man von umfangreichen Methoden nur drei Schöpfungsmöglichkeiten zu beschreiben, die eine Person kennen soll, die ein Gut für seine Mitmenschen schaffen möchte. Aus der Erfahrung des Verfassers dieses Artikels erget sich, dass drei Möglicheiten wirksam sind und von den Fachleuten vertiefen werden können.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 10, 1 Bild., 36 Lit.

DK : 62-72 : 621.822.61/3

Prisecaru, Gh., Bercea, M., Ciobanu, M.: **Die praktische Einschätzung der Schmierart bei den Wälziagern**

Nach der Erkenntnis aller Parameter, von denen die Wälzlagerlebensdauer abhängig ist, macht man im folgenden einige experimentelle Prüfungen dem Verfasser bekannt — Prüfungen, die mit Hilfe einer Anlage ausgeführt werden können. Diese Anlage findet im Labor oder in der Industrie seine Anwendung zur Bestimmung der Schmierart der Wälzlager.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 10, 7 Bild., 12 Lit.

DK : 531.46

Gafiţanu, M., Hanţelman, Mariana, Olaru, D.: **Kurze Bemerkungen hinsichtlich des Walz — und Reibungskoeffizients**

Die vorliegenden Studien berechtigen uns zu schliessen, dass die Experimentaltrennung der Faktoren, die die Wälzreibungsverluste generieren, äusserst schwierig und die Messung der Verluste fast unmöglich ist.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 10, 2 Taf., 10 Lit.

DK : 621.89

Popovici, A., Grăgan, B., Popinceanu, N.: **Hervorhebende Möglichkeiten des Schmierstoffsfilms bei den Getrieben**

Es wurde versucht die Feststellung einer Kette für das Hervorheben und Messen der Dichte des Schmierstoffsfilms an den Getrieben ; das wird mit Hilfe eines Prüfsenders festgestellt, welcher nach einem Brüel und (f) kjaer — Analysator und einem Diagrammschreiber x—y angepasst ist.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 10, 3 Bild., 10 Lit.

DK : 534.63

Chiriacescu, S., Crăciunaş, Aurora, Crăciunaş, P. T., Ioniţă, N., Mangeron, D.I.: **Die Bestimmungsgenauigkeit in Frequenz in der Analysenarttechnik mit einem einzigen Schwingungserreger**

Die Anwendung der elektrodynamischen Erreger und die Messung der Erregungskräfte anhand der Schwingungsfänger von verschiedenen Typen können Fehler einleiten, die die Frequenzcharakteristika des elastischen Aufbaus beeinflussen können. Indem man einen Generalmuster der Erregung der linearen elastischen Strukturen in einem einzigen Punkt verwendet, stellt man in der vorliegenden Arbeit die Dynamikverhältnisse bei der Erregung durch das relative Verfahren fest. Diese Verhältnisse gestatten die Einflusseinschätzung der verschiedenen Faktoren (Anderung der elektrischen Speisespannung des Erregers, die dynamischen Parameter des Erregers des Kraftsfängers usw) der (wirklichen) dynamischen Charakteristika der geprüften Struktur. Einige Beispiele der erhaltenen Verhältnisse führen zu den in der Fachliteratur vorgelegenen Ergebnisse [3, 4, 6, 9] usw.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 10, 4 Bild., 13 Lit.

DK : 621.783

Dima, A., Coman, Gh., Grancea, V., Ştefan, M., Larco, I.: **Untersuchslinien hinsichtlich der Optimisierung der Hitzetechnologien und Hitzeanlagen für plastische Verformung und Warmbehandlung**

Um einem besseren Wirkungsgrad bei dem Kraftstoffbrennen in der Hitze — und Warmbendlungsöfen zu erreichen, ist es notwendig, einige von der wichtigsten Betriebsbedingungen der Brennanlage einzuhalten.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 10, 1 Bild., 5 Lit.

DK : 621.783.2

Herghelegiu, Iuliana, Herghe'egiu, Gh.: **Aufsatz zur Verbessrung der technologischen Parameter der Hitzeöfen und Warmbehandlungsofen**

Die Lösung besteht in der Verwendung von Hyperboloidablenkern von den Brennern, u.z. indem man die gestrahlte energie gleichmässig verteilt und die Uberhitzung von Stangen — und Werkstückflächen, die der plastischen Bearbeitung und der Warmbehandlung unteworfen sind. Um eine bessere Leistung an den Kraftstoffbrennern in den Heizöfen und Warmbehandlungsöfen zu erreichen, ist es notwendig die wichtigsten Funktionsbedigungen der Brennanlagen einzuhalten.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 10, 5 Bild.

DK : 621.783.2 : 621.771.07

Dumitrescu, T., Berlea, I., Tilică, I., Potecaşu, O.: **Anlage für die Walzenhärtung im Kraftluft**

In der vorliegenden Arbeit wird eine Walzenhärtungsanlage vorgestellt, die eine Gefügegleichfäigkeit und eine Kernverminderung versichert-alle sind unter überwachtem Kühlungssystem realisiert.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 10, 1 Bild., 5 Lit.

DK : 62-755

Salomeia, Lăcrămioara, Sîrbu, T., Irimiciuc, N., Horbaniuc, D.: **Das mathematische Muster des dynamischen Verhaltens eines ungewuchteten Läufers, der auf einer Auswuchtmaschine montiert ist**

Für das Läuferauswucht wird es ein mathematisches Rechnungsmuster aller Beanspruchungen, die bei den Lagern der Auswuchtanlage aufsauchen, gegeben.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 10, 1 Bild., 5 Lit.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК : 621 : 669 : 65.012.23

Метрикару, В., Бухак, Г.: *Машиностроение и металлургия в перспективе 2000 года*

Работа подчёркивает кратко количество минеральных, энергетических, биологических и др. ресурсов нашей планеты. Предложенные таблицы показывают новые направления человеческого общества к разрабатываемым в настоящее время и в будущем новым материялам, новым технологиям и системам обработки.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 10, 4 таб., 4 лит.

ДК : 330.322.5

Манжерон, Д. И., Ларко, И., Павел, И., Ионицэ, Н.: *Экономическая эффективность предприятия — результат влияния заводской торговой марки и служебной на покупателей*

Излагается краткая история заводских, торговых и служебных марок. Особо подчёркнута генеза формирования марки ФОРТУС с рисунком Комбината тяжелого оборудования г. Яссы. Статья заканчивается изложением значения, эффективности и экономической стратегии изделий и унслуг, которые должны выявляться соответствующими марками заводов, фабрик и комбинатов.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 10, 6 лит.

ДК : 001.894

Белоус, В.: *Три возможных пути в рамках общего потока изобретательности*

Автор работы, специалист в области проблематики изобретательности, излагает три метода из всевозможных путей ведущих к изобретениям всевозможного характера. Опыт автора показывает, что вышеуказанные три метода очень эффективны и могут быть освоеным всеми заинтересованными.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 10, 1 рис., 36 лит.

ДК : 62—72 : 621.822.61/.8

Присекару, Г., Берча, М., Чобану, М.: *Практическая методика определения смазочного режима в подшипниках*

Авторы, имея в виду, что известны все параметры от которых зависит долговечность подшипников качения, предлагают серию экспериментальных испытаний устанавливающих режим смазки пошипников, которые можно проделывать как в лаборатории, так и в промышленных установках.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 10, 7 рис., 12 лит.

ДК : 531.46

Гафицану, М., Нанцельман, Мариана, Олару, Д.: *Некоторые размышления над коэффициентом трения и качения*

Настоящее исследование ведет к заключению, что экспериментальное разединение факторов генерирующих потери при трении качения — задача очень трудная, а измерение потерь почти невозможно.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 10, 2 таб., 10 лит.

ДК : 621.89

Попович, А., Дрэган, Б., Попинчяну, Н.: *Возможности выявления смазочной плёнки в зацеплениях*

Авторы посвящают настоящую работу измерениям толщины смазочной плёнки в зацеплениях. Измерения проводились при помощи генератора сигналов одного из анализаторов фирмы Brüel & Kjaer, а также и регистрирующего устройства диаграмм *x-y*.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 10, 3 рис., 10 лит.

ДК : 534.63

Кириаческу, С., Крэчунаш, Аурора, Крэчунаш, П. Т., Ионицэ, Н., Манжерон, Д. И., Ларко, И.: *Чёткость определения частотных характеристик в технике модального анализа с одним лишь возбудителем вибраций*

Авторы, используя общую модель возбуждения в одной лишь точке линейной упругой структуры, вместо электродинамических возбудителей колебаний, недостатки которых подчёркнуты, устанавливают выражения динамических составляющих в случае возбуждения относительным методом. Установленные выражения позволяют учитывать влияние различных факторов (непостоянство электрического напряжения питающего возбудителя, динамические параметры возбудителя и силового датчика, и т.д.) на (реале) динамические характеристики исследуемой структуры. Некоторые частные случаи полученных выражений ведут к уже известным результатам описанным в литературе [3], [4], [6], [9] и др.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 10, 4 рис., 13 лит.

ДК : 621.783

Дима, А., Коман, Г., Гранчя, В., Штефан, М., Ларко, И.: *Научные направления касающиеся оптимизации технологии обогревающих устройств для пластических и термических обработок*

Авторы излагают серию основных условий гарантирующих наибольшую эффективность сгорания топлива как в садочных так и в термических печах. Эти условия относятся главным образом к установкам для обжига.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 10, 1 рис., 5 лит.

ДК : 621.783.2

Хергеледжиу, Юлиана, Хергеледжиу, Г.: *Исследование улучшения технологических параметров и параметров горения нагревательных и термических печей*

Авторы используют некоторые дефлекторы перед устанрвками обжига получая таким образом равномерное излучение энергии. Достигается устранение перегрева поверхностей слитков и деталей подвергнутых пластической обработки, а также и термообработки.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 10, 5 рис.

ДК : 621.783.2 : 621.771.07

Думитреску, Т., Берлеа, И., Тиликэ, И., Потекашу, О.: *Закалочная установка валок прокатного стана в принудительном воздухе*

В работе описывается закалочная установка прокатного стана. Установка осуществляет уравнивание структуры, уменьшение зерна и всё это в режиме контролируемого охлаждения.

Construcţia de maşini, 40 (1988,)
н. 10, 1 рис., 5 лит.

CZ : 620.178.3

Balaşiu, D. : **Diagnosticarea ruperilor la oboseală prin metoda coeficienţilor ponderali**

Stabilirea cauzelor reale, responsabile de producerea ruperilor la oboseală în exploatare, întîmpină unele dificultăţi în special în cazurile în care unii dintre parametrii de calitate ai piesei sînt necorespunzători. Autorul propune o metodă de calcul al ponderii diferitelor abateri ale parametrilor, în producerea ruperilor.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 10, 2 ref. bibl.

DC : 620.178.3

Balaşiu, D. : **Fatigue fracture investigations using the weight-coefficient method**

Establishing the real cause of fatigue fractures is sometimes difficult especially in cases when some of the sample properties do not correspond. The author presents an analitical method to calculate the weight of not-corresponding properties in producing the failure.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 10, 2 Paps.

CD : 624.075.2

Bejan, M., Grecu, D. : **Nomogramme pour le calcul du flambage dans le domaine elastique**

Aprés l'expose general du flambage dans le domaine élastique, specifique de la construction de machines, l'article montre en detail le mode de construction d'un nomogramme et son utilisation dans cet calcul.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 10, 4 fig., 2 tab., 4 réf. bibl.

CD : 620.178.3

Balaşiu, D. : **Méthode à diagnostiquer les ruptures de fatigue à l'aide des coefficients pondéraux**

La détermination des causes réelles qui provoquent les ruptures de fatigue, se heurte à quelques difficultés spécialement dans les cas où les uns des paramètres de qualité de la pièce ne sont pas correspondants. L'auteur propose une méthode de calcul de l'importance des différents écarts des paramètres causant les ruptures.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 10, 2 réf. bibl.

DK : 624.075.2

Bejan, M., Grecu, D. : **Nomogramm zur Berechnung der Knickung im elastischen Bereich**

Nach einer allgemeinen Darstellung der Berechnung bei Knickung im elastischen, dem Maschinenbau spezifischen Bereich, legt der Beitrag, auf Einzelheit eingehend, die Aufbauart eines Nomogrammes und dessen Anwendung in dieser Berechnung dar.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 10, 4 Fig., 2 Taf., 4 Lit.

DK : 620.178.3

Balaşiu, D. : **Analyse der Dauerbrüche durch die Gewicht Koeffizient Methode**

Das Bestimmen der eigentlichen Ursachen für Dauerbrüche ist gewöhnlich schwierig, insbesonderes in solchen Fällen, wo Qualitäts parameter des Werkstückes nicht entsprechend sind. Der Verfasser schlägt eine analytische Methode vor, die dazu dient, das Gewicht verschiedener nicht entsprechender Parameter in Bruch prozess zu berechnen.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 10, 2 Lit.

ДК : 62—755

Саломея, Лэкрэмиоара, Сырбу, Т., Иримичук, Н., Хорбанюк, Д. : *Математическая модель динамического поведения неуравновешенного ротора установленного ротора установленного на балансировочной машине*

Авторы устанавливают математическую модель исчисления всех усилий в подшипниках уравновешивающей установки для балансировки роторов

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 10, 1 рис., 5 лит.

ДК : 624.075.2

Бежан, М., Греку, Д. : *Номограмма для расчета изгиба в эластичной области*

После общего изложения расчета при изгибе в эластичной области, специфической для машиностроения, рассмотрение подробно описывает способ построения одной номограммы и ее применение к этому расчету.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 10, 4 рис., 2 таб., 4 лит.

ДК : 620.178.3

Балашиу, Д. : *Диагностицирование усталостного разрушения методом коэффициента значимости*

Определение реальных причин, которые вызывают усталостные разрушения при эксплуатации, наталкивается на определённые трудности, в особенности в случаях, когда отдельные параметры качества детали являются несоответствующими. Автор предлагает метод расчёта весомости различных отклонений параметров, вызывающих разрушения.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 10, 2 лит.

Realizări și perspective în colaborarea științifică dintre Institutul Politehnic Iași și Combinatul de Utilaj Greu Iași

Prof. dr. ing. Cameluța BELDIE – Institutul Politehnic Iași

Importantele obiective, care stau în fața cercetării științifice universitare în etapa pe care o parcurgem, polarizează numeroase eforturi pentru modernizarea industriei românești, sarcină de maximă importanță pentru realizarea măreților obiective stabilite de Congresul al XIII-lea al partidului, de a 5-a Conferință Națională, de indicațiile și orientările secretarului general, tovarășul Nicolae Ceaușescu.

Institutul Politehnic din Iași, cu un valoros potențial de cercetare și dispunînd de o bază materială modernă, este deplin mobilizat în această acțiune, în care întreprinderile din Moldova și în special din municipiul și județul Iași ocupă un loc prioritar. Sub directa coordonare a Comitetului Județean de Partid și Cabiteului Județean de Organizare Economico-Socială, au fost selecționate în prima etapă 136 teme pentru ramurile construcției de mașini-metalurgie, electronică-electrotehnică, construcții, chimie, industrie ușoară, pentru etapa a II-a fiind perfectate alte 106 teme.

Combinatul de Utilaj Greu din Iași constituie o unitate intrată în tradiția colaborărilor pe linia cercetării cu institutul nostru și în special cu Facultatea de Mecanică. Tematica acestei colaborări rodnice a fost stabilită an de an, printr-o largă și permanentă conlucrare, marcată de receptivitate, inițiativă și răspundere din ambele părți. A fost posibilă valorificarea unor importante cercetări cu caracter fundamental realizate în institut, și, în același timp, abordarea unor lucrări noi reclamate de dinamica producției acestui mare combinat. Numai în cursul anului 1987, au fost soluționate 17 teme de cercetare, din care 11 finalizate ; 6 teme constituie preocupări în continuare și în anul 1988.

Dintre preocupările semnificative menționăm : cercetările privind tehnologiile de tratament termic sub zero grade, la cilindrii de laminor și sculele așchietoare ; noi tehnologii și cuțite cu tăișuri multiple, fără vîrfuri și răcite interior ; reducerea nivelului de aliere la fonte și oțeluri ; tehnologii de ecruisare pentru cilindri de laminor ; tehnologii de tratament termic local al structurilor sudate ; elaborarea sistemelor de proiectare organologică asistată de calculator : standuri de probă pentru echilibrări dinamice și altele.

În domeniul electric-electronic se menționează optimizarea variatoarelor electronice de turație și cercetările pentru implementarea unor noi sisteme de măsurare avînd la bază traductoare cu ferofluide.

De asemenea, sîntem preocupați de unele probleme de organizare, cum ar fi diagnosticarea proceselor de producție robotizabile.

Un program suplimentar de asistență tehnică, avînd ca tematică creșterea eficienței utilizării sculelor așchietoare și introducerea curentă a sculelor cu răcire interioară, numeroase conferințe pe teme tehnice susținute în combinat, ca și organizarea în comun de sesiuni științifice sînt acțiuni eficiente cărora le acordăm aceeași atenție.

În prezent sîntem preocupați, împreună cu conducerea combinatului, de reactualizarea întregului program de cercetări pentru anul în curs și, în special, pentru o întreagă etapă viitoare, în cadrul căreia cadrele noastre didactice, cercetătorii, studenții din institut să aibă o mai mare contribuție în importanta acțiune de modernizare a tehnologiilor și proceselor C.U.G. Iași.

CZ : 621 : 669 : 65.013.23

Construcția pe mașini și metalurgiei în perspectiva anului

Prof. dr. ing. Vasile **MERTICARU** — Institutul Politehnic Iași
Ing. Gheorghe **BUHAC** — C.U.G. Iași

Introducere

Din toate timpurile, omul a fost preocupat de cunoașterea viitorului fie acesta apropiat, sau mai îndepărtat. Există numeroase dovezi în sprijinul acestei afirmații : Casandra cu prezicerile nedorite în Ilionul pe cale de a fi nimicit, sfinxul, oracolul din Delphi, vracii, prezicătorii, astrologii. Cu progresul cunoașterii au apărut savanții, scriitorii, oamenii de stat care elaborează scenarii, literatura S.F.

Omul se întreabă astăzi, obsesiv, cît îi vor mai ajunge resursele minerale, cum va arăta societatea viitorului, ce lume construim, încotro ne îndreptăm ? Problemele care preocupă în prezent omenirea se referă la înarmare-dezarmare, criza alimentară, criza apei, aglomerările urbane, violența, poluarea mediului.

Important este ca, în activitatea de anticipare, vitiorul să nu se considere unul singur, inevitabil, dorit sau nu, ci să se identifice principalele tendințe și locuri în care este posibilă apariția unor modificări fundamentale, factorii ce pot influența diversele alternative de evoluție dorite [3].

În ultimii ani s-au întreprins numeroase studii asupra viitorului, din perspectivă locală, regională, sau globală. Cu spriijnul hotărîtor al unor organisme specializate ale O.N.U. s-au întreprins studii din perspectivă globală : **„Goals for Mankind"** (Obiective pentru Omenire), elaborat sub egida UNITAR, **„Agriculture : Towards 2000"** (Agricultura în perspectiva anului 2000), elaborat de F.A.O., **„Global Strategy for Health for All by the Year 2000"** (Strategia globală pentru sănătatea tuturor în anul 2000), elaborat de O.M.S. S-au organizat, de asemenea, Conferințe mondiale pe probleme specifice : mediul înconjurător (Stockholm, 1972), populație (București, 1974), hrană (Roma, 1974), așezări urbane (Vancouver, 1976), ocuparea forței de muncă (Geneva, 1976), apă (Buenos Aires, 1977), știință și tehnologie (Viena, 1979), energie (New Delhi, 1981).

Caracteristica fundamentală a epocii contemporane o constituie tendința spre sinteză, globalitate, interdisciplinaritate, teoria sistemelor.

Construcția de mașini și metalurgia sînt domenii care vor cunoaște, și ele, mutații fundamentale în perspectiva anului 2000.

Aventura materialelor

În ordine cronologică au apărut mineralele, substanțele organice, viața, omul. În era tehnologică omul pune stăpînire pe materie. Substanțele vor cunoaște noi utilizări, dar și o largă și extraordinar de rapidă diversificare. Se apreciază, astăzi, că cele mai multe dintre materialele anului 2000 nu există încă. Avîntul semiconductorilor a fost posibil prin obținerea unui siliciu foarte pur. În prezent siliciul este eliminat de către arseniura de galiu — „asga".

Industria pune preț pe greutatea specifică redusă a magneziului, pe conductibilitatea electrică și termică a aurului. Astăzi, în lume, se consumă, în electronică, anual, aur în valoare de 400.000.000 dolari, dar un nou aliaj „altralloy", cu aceleași performanțe și cu avantaje economice sigure, îi ia locul. Toate elementele von intra în arena tehnicii, datorită unor proprietăți speciale, precum capacitatea lantanului de a face fonta maleabilă, ori rolul de absorbant al hidrogenului pe care-l joacă paladiul.

Niobiul și compușii lui pătrund în siderurgie și electrotehnică. Gadoliniul, terbiul, tuliul devin constituienți ai memoriilor cu bule. Aliajele de samariu-cobalt, neodim-fier-bor vor permite realizarea de supermagneți permanenți. Beriliul se va extinde în construcția giroscoapelor perfect echilibrate. Devine posibilă realizarea detectorilor fotovoltaici pe bază de telurură de cadmiu și deci avîntul producției de imagini termice.

Fierul și aliajele sale (oțelurile și fontele) vor cunoaște o nouă tinerețe. La proiectarea turnului Eiffel rezistența admisibilă a oțelului s-a considerat 80 MPa ; 160 MPa — apariția fenomenelor de oboseală ; 240 MPa — apariția unor transformări ireversibile. Această limită a crescut la 500 MPa la sfîrșitul celui de al doilea război mondial, iar astăzi este de 2000 MPa. Aluminiul, aliat cu 2 ‰ litiu, obține un cîștig de 20 % prin rezistență și scăderea densității. La acestea se impune adăugat impactul computerizării activităților de proiectare.

Crește continuu temperatura pe care o pot suporta piesele de mașini în funcționare ; ne putem aștepta ca eutecticele să depășească bariera de 1000°C, înainte de 1990.

O deosebită extindere capătă ceramicele pe bază de oxid de beriliu, nitrură de bor, alu-

mine. Pe piața mondială există deja 1.000.000 tone ceramice. În 1984 „Toyota" a construit un prototip de motor diesel integral din ceramică. Anglia are deja un program de folosire a ceramicelor la construcția motoarelor și turbocompresoarelor.

Geopolimerii, piatra artificială, betonul cu polimeri vor depăși în performanțe materialele uzuale în construcția de mașini. În 1970 volumul polimerilor sintetici îl depășea pe cel al oțelului. Astăzi masele plastice tind să depășească oțelul ca tonaj.

Noii adezivi tind să înlocuiască cu succes îmbinrăile tradiționale. În construcția de nave, la montarea marilor conducte de petrol și gaze, în construcția parbrizelor și a caroseriilor de automobile, la vagoanele de cale ferată, adezivii sintetici înlocuiesc sudura electrică. Adezivii sînt utilizabili pe ger și pe căldură, în aer și în apă, în medii explozive, la lipirea de metale, mase plastice, lemn, sticlă și alte materiale.

Compozitele, materiale pe bază de fibre de sticlă, azbest, bor, carbon, în mase plastice, cunosc o dezvoltare vertiginoasă, datorită rezistenței ridicate și densității mici. Se apreciază că în anul 2000 compozitele vor reprezenta peste 40 % din structura unui avion. Un singur kilogram în minus, la greutatea unui avion, reprezintă 120 litri combustibil superior (kerosen) economisiți într-un an.

Relația industrie-biologie

Pe măsură ce omul înaintează în procesul cunoașterii, își asociază mereu alte forțe, în lupta sa pentru mai bine. Astfel, industria își asociază tot mai mult materia vie. Bacteriile tind să devină animalul domestic de mîine : suplu și ascultător, subtil și rapid. Ele vor fi puse la lucru în cele mai diverse domenii de activitate : lupta contra poluării, producerea de polimeri conductori sau semiconductori metalurgie la rece, industria farmaceutică. Tehnica denumită biolixiviație microbiană permite separarea uraniului, molibdenului, cuprului, zincului. În S.U.A., în tot mai mare măsură, producția de cupru este încredințată microorganismelor ; la Bingham (Utah) este exploatat un minereu conținînd numai 0,2 ‰ cupru. Se poate elimina și problema transportului minereurilor, bacteriile lucrînd la fața locului, așa cum stau lucrurile cu mina chiliană din Copiapo.

Firma „General Motors" folosește bacteria pseudomonas pancimobilus, care se hrănește exclusiv cu solvenți din vopsele și, astfel, preia funcția instalațiilor de filtrare. Apele reziduale sînt dirijate spre bazine prevăzute cu un strat gros de nisip în care trăiesc bacteriile.

Scopul industriilor sănătății

Odată cu dezvoltarea științei și tehnologiei, omul va fi tot mai interesat de creșterea rolului ce revine industriilor legate de sănătate.

O primă problemă vizează tehnica medicală. Astfel radiologul va folosi scanerul — aparat ce trimite razele X către pacieInt nu sub formă de flux, ci sub forma unui fascicul de raze care „mătură" zona din corp ce trebuie examinată.

Rezonanța magnetică nucleară (R.M.N.) furnizează o informație încă mai precisă și mai precisă și mai bogată decît scanerul.

Ecografia-sondarea organelor cu ultrasunete-reprezintă de asemenea noi solicitări pentru construcția de mașini.

O a doua problemă vizează nașterea unei medicine a celulei, ca rezultat al revoluției captatorilor de imagini, a informaticii și ingineriei genetice. Aceasta creează posibilitățile reale de fabricare a unei largi game de medicamente în spațiul casmic, în condiții de imponderabilitate. Se obțin astfel urochinoza, substanțe antihemofilice A și B, eritropoietina, interferonul de o puritate imposibil de obținut în instalațiile terestre.

O a treia problemă vizează dezvoltarea unei industrii a organelor artificiale. Organul artificial va fi preferat grefei. Protezele dentare, cristalinul artificial din polimetilmetacrilat, oasele artificale, rinichiul artificial, inima artificială au fost deja create. Se întrevede, de asemenea, posibilitatea realizării organelor hibride care constau dintr-o cutie artificială în care bacterii anume programate performează funcțiile organului înlocuit.

Preocuparea omului pentru sănătăate este dovedită și de creșterea continuă a speranței de viață, așa cum rezultă din tabelul 1.

Tabelul 1

Anul	Bărbați	Femei
1900	46,3	48,3
1910	48,4	51,8
1920	53,6	54,6
1930	58,1	61,6
1940	60,8	65,2
1950	65,6	71,1
1960	66,6	73,1
1970	67,1	74,7
1980	70,0	77,5

Reducerea consumului energetic

Pe plan mondial consumul energetic cunoaște o substanțială reducere relativă, mai ales în ultimii ani.

Astfel, între anii 1955 și 1970, consumul energetic mondial a crescut cu 200‰, în timp

ce între anii 1970 și 1985 creșterea a fost numai de 42,31 ‰.

Reducerea relativă a consumului energetic mondial este mai evidentă, dacă cei 15 ani (dintre 1970 și 1985) se împart în două etape. Astfel, pe durata primilor 9 ani, dintre 1970 și 1979, creșterea consumului energetic a fost de 32,70 %, în timp ce pentru ultimii 6 ani, dintre 1979 și 1985, această creștere a fost numai de 7,25 %. Pe durata acelorași 6 ani, produsul mondial brut a crescut cu 15 %, ceea ce reprezintă o creștere mai mult decît dublă față de creșterea consumului energetic mondial.

Un interes deosebit prezintă evoluția în timp a structurii pe surse a consumului energetic mondial. În tabelul 2 se prezintă, comparativ, situațiile pe anii 1970 și 1985, în miliarde tone echivalent petrol.

Tabelul 2

	1970		1985	
	x 10^9 tone	[%]	x 10^9 tone	[%]
petrol	2,2932	44,1	2,8046	37,9
cărbune	1,6432	31,6	2,2718	30,7
gaze naturale	0,9360	18,0	1,4874	20,1
hidroenergie	0,3068	5,9	0,4958	6,7
energie atomică	0,0208	0,4	0,3404	4,6

În tabelul 3 se prezintă creșterea consumului pe surse între anii 1970 și 1985.

Tabelul 3

	1985/1970	crește [%]
petrol	1,2230	22,30
cărbune	1,3826	38,26
gaze naturale	1,5891	58,91
hidroenergie	1,6161	61,61
energie atomică	16,3654	1536,54

Modificarea ponderii surselor, în consumul energetic mondial, între anii 1970 și 1985, se prezintă în tabelul 4.

Tabelul 4

	1985/1970	modificare
petrol	0,8595	scade cu 14 %
cărbune	0,9716	scade cu 3 %
gaze naturale	1,1167	crește cu 12 %
hidroenergie	1,1356	crește cu 14 %
energie atomică	11,5	crește cu 1050%

Datele de mai sus pun în evidență scăderea relativ substanțială a consumului energetic mondial în ultimii ani. Acest lucru a devenit stringent necesar, datorită caracterului epuizabil al surselor clasice de energie și a devenit posibil prin mutațiile fundamentale care încep să se producă în domeniul tehnologiilor.

Creșterea, foarte rapidă, a consumului de energie nucleară este și ea limitată. Rezervele de uraniu inventariate pe glob se cifrează la 2,6 milioane tone, epuizabile înaintea anului 2040. Se fac eforturi pentru producerea de energie prin fuziune, mai puțin poluantă și dispunînd de materii prime, practic nelimitate.

Pînă la obținerea pe scară industrială a energie de fuziune, omenirea își pune mari speranțe în uraniul existent în apa mărilor și oceanelor, estimat la 4 miliarde tone, deci de 1500 ori mai mult decît pe uscat. Dintr-un Km^3 apă de mare se pot obține 3,4 tone uraniu. Aceasta presupune instalații uriașe care să prelucreze 2500 tone apă de mare pe minut.

Noile tehnologii

Diversificarea fără precedent a materialelor, biologia și ingineria genetică, industriile sănătății, precum și reducerea relativ substanțială a consumului energetic mondial sînt de natură să genereze noi tehnologii mai puțin consumatoare de energie și mai performante.

Micromecanica deschide astăzi noi perspective progresului tehnologic. Există în lume 40—50 experți în tehnologia micromecanică. Se realizează, din cristale de siliciu și recent din cristale de arseniură de galiu („asga", superioară siliciului mai ales pentru temperaturi înalte), microsenzori pentru măsurarea presiunii. Aceștia încep să fie folosiți în industria automobilului pentru îmbunătățirea combustiei prin controlul automat al presiunii aerului.

O largă utilizare a căpătat, de asemenea, laserul, în prelucrările mecanice, energetică, chirurgie, cadastru, radioscopie. O largă răspîndire capătă, în prezent, în industria metalurgică, diferitele tehnici de prelucrare a aliajelor în stare topită, în afara cuptorului de elaborare — în oala de turnare.

Apariția permanentă a noilor tehnologii este facilitată și de computerizarea din ce în ce mai profundă a proceselor de proiectare, dar și de prelucrare.

Vitezele de transformare cele mai mari le cunosc în prezent avionul, automobilul și vehiculele cosmice.

Noile tehnologii și materiale au ca efect micșorarea numărului de piese componente la un avion, de la 17000 la 4800, precum și realizarea unor noi funcții. Există deja uzine producătoare de roboți, complet robotizate.

În prezent, din numărul total al roboților și manipulatoarelor, 10 % sînt manuale, 72 % automate, 11 % roboți programabili și 7 % roboți cu elemente de inteligență artificială. Aceste cifre se modifică permanent în favoarea ultimelor categorii.

Concluzii

În perspectiva anului 2000, construcția de mașini și principalul său furnizor de materii prime — industria metalurgică — vor cunoaște transformări fundamentale. Domeniul de activitate al acestor ramuri industriale se extinde permanent, de la micromecanica pe cristalul de siliciu sau de arseniură de galiu „asga", la uriașele instalații de prelucrare a apei de mare pentru producerea uraniului, la mecanismele portal înlocuitoare ale tractoarelor în agricultură, la construcția ecostațiilor cosmice.

În interiorul acestui larg domeniu, are loc o permanentă diversificare, stimulată de noile achiziții științifice în cunoașterea celulei, de apariția și proliferarea unor adevărate industrii în slujba sănătății.

Diversificarea fără precedent și cu o viteză fantastică a materialelor este de natură să antreneze construcția de mașini, în tot mai mare măsură, la realizarea mediului de viață, tot mai artificial al omului.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x: Documentele Congresului al XIII-lea al P.C.R.

[2] x x x: Mechanism and Machine Theory, 1980—1987, New-York.

[3] x x x: Revita „Lumea" — 1985—1987, București.

[4] x x x: Bulletin of Japan Society of Mechanical Engineers, 1980—1987, Tokyo.

CZ : 330.322.5

Eficiența economică a întreprinderii rezultată din influența mărcii de fabrică, de comerț și de serviciu asupra cumpărătorilor

Prof. dr. doc. ing. Dimitrie Ioan **MANGERON** — Institutul Politehnic Iași

Ing. Ioan **LARCO**, ing. Ioan **PAVEL** — C.U.G. Iași

Conf. dr. ing. Nicolae **IONIȚĂ** — A.S.E. București

Generalități

Încă din cele mai vechi timpuri întotdeauna omenirea s-a folosit de semnele distinctive ce formează o anume categorie de obiecte de proprietate industrială și care sînt caracterizate printr-o funcție comună, ca aceea de a permite identificarea mai rapidă a proveniențeî produselor precum și diferențierea unor produse identice sau asemănătoare, ale producătorilor diferiți.

Alături de aceste semne distinctive propriu zise, care sînt mărcile (fie de fabrică, de comerț și de serviciu) și indicațiile geografice ca denumirile de origină și indicațiile de proveniență, sînt cercetate numele comercial, emblema și titlurile de periodice ce îndeplinesc de asemenea, funcția de identificare.

Privită din punct de vedere istoric, marca este cel dintîi dintre obiectele dreptului de proprietate industrială ce a dobîndit un statut juridic, care, de asemenea, și din punct de vedere economic este cel mai important dintre aceste obiecte din patrimoniul unei întreprinderi. Marca și-a cîștigat acest loc datorită dezvoltării producției de serie și, mai ales, datorită perfecționării mijloacelor de informare și a comunicării de masă, prin intermediul cărora publicitatea a devenit o forță capabilă să dirijeze cererea consumatorilor, obișnuiți să cumpere majoritatea produselor, chiar curente, în funcție de marca indentificatoare.

Putem afirma, astăzi, că marca a devenit într-adevăr un puternic mijloc de presiune asupra pieței, s-ar putea spune chiar un „fenomen invadator", că este, grație unei publicități aproape întotdeauna excesive, „omniprezentă" și poate de multe ori „obsedantă. Amintim că sub influența publicității excesive a mărcii „Pinguin", a unei firmei din Franța ce comercializa obiecte din lînă s-a ajuns pînă acolo încît copiii menționau în școli pinguinul ca pe un animal care dă lînă.

Toți cercetătorii sînt de acord că folosirea unor semne caracteristice pentru a identifica produsele se practică încă din cele mai vechi timpuri.

Arheologii au descoperit (și istoricii de artă confirmă) existența acestor semne caracteristice de identificare, atît în bazinul mediteranian (Roma antică și Grecia), aplicate pe obiecte de ceramică, precum și în Japonia și China (aplicate pe obiecte de porțelan).

Altă dovadă a funcției de garanție pentru consumator, pe care „mărcile" au început s-o îndeplinească din timpuri străvechi, este faptul

că semnele erau aplicate pe dopurile de ceară asigurînd conținutul (vin, ulei, etc.) și nu pe recipientul ca atare (ambalajul).

Chesi scrie că ar fi vorba de un sistem de distribuție a mărfii, similar modului cum se vinde băutura americană în întreaga lume, și care poartă semnul distinctiv al firmei producătoare.

În Bologna, încă din anul 1256, funcționa regula „nemo debeat simile signum facere nec fieri facere, quod aliquis aliuj de arte facit" (Nimeni să nu facă un semn asemănător și nici să nu pună să se facă, ceea ce altul face prin meșteșugul său).

Observăm deci că funcția distinctivă a mărcii a apărut ca rezultat al unei evoluții, în momentul în care, prin garanția de calitate pe care o reprezintă, marca a devenit un mijloc de atragere a clientelei. Dar aceasta a apărut numai atunci cînd condițiile pieței făceaua posibilă, pentru consumator, o alegere după plac.

Odată cu aceast funcție, imitarea sau uzurparea mărcii altuia încep să fie sancționate nu numai ca un act neleal în raporturile dintre cei care exercită același meșteșug sau negoț, dar și ca mijloc de apărare a consumatorului, care era înșelat prin asemenea practici.

Astfel, E. Pouillet citează edictul unui elector palatin din sec. XIV, care pedepsea cu spînzurătoarea pe cîrciumarul care vindea vin ordinar, drept vin de calitate superioară (Rudensheim), precum și un edict al lui Carol Quintul, din 1544, care pedeapsa cu tăierea mîinii (după prealabila excludere din meșteșug) celui care a imitat, falsificat, sau șters marca altuia de pe produs. De asemenea, ne citează și un edict regal din 1564 (Franța), care aplica celor ce falsificau sau imitau mărcile aplicate pedepse prevăzute pentru falsificatorii de monezi. Apoi această pedeapsă prevăzută de edict s-a transformat în amendă, iar în caz de recidivă, în muncă la galere.

Mai tîrziu, pentru a se pune capăt consecințelor (pentru industrie) ale excesului de libertate, apare o lege (în 1803) ce stabilește un regim uniform pentru toate mărcile, indiferent de industria în care se folosesc.

Aceste legi de protecție a mărcilor se conturează mai bine din a doua jumătate a secolului al XIX și anume apare Legea franceză din 23 iunie 1857, Legea engleză din 7 august 1862, Legile din 8 iulie 1870 și 14 august 1874, din S.U.A., Legea germană din 30 noiembrie noiembrie 1874, precum și Legea din țara noastră de la 15 aprilie 1879.

Alegerea mărcii FORTUS

Înainte de a arăta importanța economică a mărcii în general (și a mărcii **FORTUS** în special), precum și rolul pe care îl joacă în strategia comercială a Combinatului de Utilaj Greu Iași, menționăm că procesul de alegere a mărcii a pornit de la următoarele condiții, ce trebuia să le îndeplinească marca propusă :

— să fie ușor de memorizat ;
— să fie ușor de pronunțat (eufonică) ;
— să fie semnificativă în sensul transmiterii optime a mesajului dorit ;
— să sugereze idei agreabile ;
— să fie succeptibilă de utilizare în străinătate (internaționalizabilă) ;
— să se poată aplica pe toate produsele (forjate, turnate).

În acest scop, erau necesare studii prealabile care aveau ca obiect următoarele :

— produsul : marca trebuie să fie adaptată produsului pe care este chemată să-l identifice (originii, tipului, funcțiilor, compoziției, calităților etc. acestui produs) ;

— mesajul : în special în cazul mărcilor cu un conținut informativ sau evocator (mărcii semantizate) și chiar în cazul mărcilor abstracte, prin recurgerea la conotație (conținut semantic secundar) ;

— publicul vizat ;

— imaginea de marcă trebuie să fie pozitivă (ideea consumatorului despre produs, mesaj etc.).

Dăm în continuare schema grafică de clasificare a mărcii :

— **după natura destinației :**

  — marcă de fabrică (individualizează pe producător, pe fabricant) ;
  — marcă de comerț (individualizează pe distribuitor, pe comerciant) ;

— **după natura obiectului :**

  — marcă de produse (se referă la produsele executate și este opusă mărcii de serviciu) ;
  — marcă de serviciu (identifică prestările de serviciu) :
    — se indentifică autorul serviciului :
    — de servicii pure ;
    — direct (tv., radio);
    — indirect (taxi, camioane, agenții de voiaj) ;

— **după natura titularului :**

  — marcă individuală (aparține unei persoane fizice sau juridice determinate). Funcția de calitate este subordonată funcției de diferențiere a produselor ;
  — marcă colectivă (nu aparține celor ce o folosesc, ci aparține persoanelor juridice, organismelor profesionale sau grupărilor de producători) ;
  — predomină funcția de calitate ;
  — intransmisibilă ;

— după **normele ce le reglementează:**

— marcă facultativă (nu este economică);
— marcă obligatorie (pentru produse destinate vînzării, dar de calitate);

— după **numărul semnelor folosite:**

— marcă simplă (un nume, o reprezentare grafică, o denumire etc.);
— marcă combinată:
— compuse (semne diferite ce nu sînt susceptibile de protecție separat;
— complexe (ansamblu de semne diferite, care, fiecare în parte este susceptibil de protecție);

— după **natura semnelor:**

— marcă verbală (semne scrise constînd din nume denumiri, sloganuri, cifre, litere);
— marcă figurativă (reprezentări grafice susceptibile de protecție-embleme, viniete, desene, amprete, sigilii, etichete, culori etc.)
— bidimensionale (plane);
— tridimensionale (în spațiu);
— marcă sonoră (sunete);

— după **natura efectului urmărit:**

— marcă auditivă (se adresează auzului);
— verbală;
— sonoră;
— marcă vizuală (leagă imaginar produsul de o anumită imagine);
— marcă intelectuală (este alcătuită din semne verbale, figurative sau sonore) evocă o idee asociată cu produsul sau serviciul pe care îl individualizează;

— după **natura apartanenței:**

— marca agentului (agentul sau reprezentatul pîrît în acțiunea de radiere a mărcii va trebui să-și justifice faptele și nu reclamantul să facă dovada fraudei);

— după **natura aprecierii:**

— marcă notorie (se conturează pe baza vechimii, a intensității publicității, ideea de calitate) se apreciază cu condițiile locale;
— marcă celebră (de mare renume) este independentă de calitatea și originea produsului);

— după **natura folosinței:**

— marcă defensivă (obstrucție) (are scopul de a asigura o protecție sporită mărcii utilizate);
— marcă de rezervă (nu este legată de marca principală și se poate referi la produse străine activității obișnuite a depunătorului.)

Din alt punct de vedere, alegerea mărcii implică, în funcție de produs, o opțiune între diferitele categorii de mărci și, în primul rînd, între mărcile semnificative (care exprimă o idee), fie verbal, figurative sau complexe și mărcile abstracte (desemantizate).

Astfel, considerînd că marca combinatului trebuia să cuprindă toate activitățile și serviciile ce urmau a se efectua în continuare pe marea platformă industrială a Iașului am încercat să dăm contur mărcii.

S-au trecut într-un tabel toate secțiile și compartimentele funcționale ce intrau în schema de organizare a unității, în mai multe variante combinatorii, astfel încît, luînd de la fiecare cîte cel puțin o literă de la începutul cuvîntului, s-a format din ele un cuvînt care să îndeplinească aceste condiții.

1 — secția forjă grea nr. 1;
2 — secția turnătorie de oțel;
3 — secția turnătorei de fontă;
4 — secția oțelărie electrică;
5 — secția forjă ușoară;
6 — secția forjă mijlocie;
7 — secția mecanică grea;
8 — secția utilaj metalurgic;
9 — secția mecano-sudură;
10 — secția sculărie;
11 — secția utilaj tehnologic complex greu;
12 — secția utilaj tehnologic complex ușor;
13 — atelier modelărie;
14 — atelier cercetare proiectare tehnologie la rece;
15 — atelier proiectare tehnologie la cald;
16 — serviciul mecano-energetic;
17 — centrală termică;
18 — secția tratamente termice secundare;
19 — atelier proiectare produse noi;
20 — serviciul administrativ;
21 — școli;
22 — secția de întreținere și reparații electrice;
23 — secția de întreținere și reparații mecanice;
24 — serviciul plan învățămînt retribuire;
25 — serviciul aprovizionare;
26 — serviciul contabilitate financiar.

Menționăm de asemenea, semnificația latină: FORTUS-PUTERE.

Au rezultat în acest fel șase variante de mărci de fabrică, de comerț și de serviciu, ce sînt protejate la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci, din care cinci sînt trecute la rezervă, iar una folosită ca emblemă. Vom discuta numai despre varianta protejată în străinătate și folosită în țară, pentru toate produsele și servicile ce le execută combinatul.

Fie :

$$C_n^r = \frac{n!}{r!(n-r)!} \qquad (1)$$

unde :

$n = 26$ — numărul secțiilor și compartimentelor funcționale;

r = — număr impus, ultima cifră a anului 1976, cînd a fost semnat de către tovarășul Nicolae Ceaușescu actul de naștere al unității;

$$C_n^r = C_{26}^6 = \frac{26!}{6!(26-6)!} = 26 \times 5 \times 23 \times 11 \times$$

$\times 7 = 230.230$ posibilități combinatorii (denumiri de mărci)

Din aceste combinații au rezultat următoarele :

FORTUS

1. **FORJA, TURNĂTORIE, UTILAJE, SUDATE**

2. **SCULE (ȘCOLI), UNELTE, TRANSPORTURI, REPARAȚII, OȚEL, FONTĂ**

1 — citit de la stînga spre dreapta ;

2 — citit de la dreapta spre stînga.

Observăm deci că puține sînt activitățile sau produsele unității roastre ce nu sînt incluse în denumirea mărcii. Gîndiți-vă cîtă muncă și perspicacitate înseamnă această descoperire, astăzi în toate țările lumii. În situația noastră actul de naștere al mărcii **FORTUS**, acceptată s-a reușit ca marca să îndeplinească funcțiile importante din viața de toate zilele, adică :

1 — funcția de diferențiere a produselor ;
2 — funcția de concurență ;
3 — funcția de garanție a calității ;
4 — funcția de organizare a pieței ;
5 — funcția de monopol ;
6 — funcția de reclamă ;
7 — funcția de protecție a consumatorului.

Analizînd sumar aceste funcții, ajungem la concluzia că, încă din evul mediu, mărcile corporative, colective sau individuale au avut, întotdeauna, un rol de poliție economică.

Astfel mărcile colective serveau pentru a controla măsura în care diferitele corporații n-au încălcat drepturile altora, iar mărcile individuale pentru a controla calitatea lucrului membrilor unei anumite întreprinderi (corporații).

Dar perioada modernă se caracterizează prin degajarea și afirmarea funcției de concurență a mărcii și în același timp a furcției de organizare a pieței, iar acest dinamism intern al mărcilor, sprijinit de publicitate, a condus cu timpul la denaturarea celor două funcții amintite, mai înainte prin apariția funcției de monopol și a funcției autonome de reclamă.

Încă de la începutul secolului XX, marca începe să reprezinte, aproape în toate cazurile, cel mai important element al valorii unei întreprinderi. Putem menționa aici că atunci cînd, în anul 1924, uzina „DODGE" de automobile se vindea la suma de 146 milioane de dolari, marca reprezenta, în totalul prețului, suma de 74 milioane dolari, deci aproximativ 15 milioane dolari litera.

În asemenea situație, observăm că din element de evaluare a puterii industriale, marca devine curînd un mijloc de presiune, de dominare a pieții, iar marketingul devine, în același timp, o știință și o strategie. Astfel creșterea valorii mărcii ca atare, prin importanța pe care au dobîndit-o funcția de calitate și cea de reclamă, a determinat legislațiile care să consacre regula caracterului atribuitiv al înregistrării și să sancționeez nerespectarea obligației de exploatare.

Funcția de diferențiere a produselor

Putem afirma că valoarea mărcii stă în informația pe care o furnizează consumatorului cu privire la origina produselor, permițîndu-i să le diferențieze. Dar funcția de diferențiere comportă două aspecte și anume :

— marca îndeplinește acea funcție de individualizare a produselor de pe piață punînd pe producător la adăpostul posibilității ca marca să fie utilizată și de concurenții săi ;

— studiind amănunțit aceste aspecte ale funcției de diferențiere, se observă că ea transformă marca într-un instrument de atragere a clientelei, în măsura în care dobîndește o valoare pe piață, prin aprecirea de care se bucură la cumpărători produsul care poartă acea marcă.

Astfel marca devine un „reper" al produsului căutat, pentru un public ce nu o mai leagă de proveniența acestuia. După unii autori, această fază este considerată ca o funcție de fixare a clientelei, dobîndită de marcă.

Diferențiind subiectele dreptului, observăm că marca ajunge să diferențieze obiectele sau subiectul material al drepturilor subiective. Fenomenul a fost denumit „obiectivizarea" mărcii, ce a încetat de a mai fi, pentru consumator, o indicație de proveniență a produsului, devenind un mod de individualizare a produsului, devenind un mod de individualizare a produselor cu anumite caracteristici. Altfel spus, funcția de diferențiere a producătorilor a devenit o funcție de diferențiere sau indentificare a produselor.

Funcția de concurență

De multe ori, individualizare a produselor unui anumit producător și semn exterior al valorii acestor produse, marca permite cumpărătorilor să-și orienteze alegerea ușor și rapid, spre produse deja verificate, ce aparțin producătorilor care și-au dobîndit o solidă reputație comercială.

În acest ca, putem menționa că un cumpărător familiarizat cu un produs, cere la intrarea sa în magazin marca și nu produsul, ca de exemplu : „dați-mi o pereche de **adidași**" sau, am văzut pe stradă o **DACIA**, un **OPEL** etc.

Deci funcția de concurență a mărcii se sprijină pe acest mecanism de atragere a clientelei.

Funcția de garanție a calității

Această funcție este legată strîns de funcția de concurență, deoarece cumpărătorul reușește, cu ajutorul mărcii, să identifice un anumit produs ce îl preferă, datorită calității sale sau a modului de prezentare, astfel încît marca devine pentru acel consumator ca o garanție a unei calități constante a produsului ce poartă acea marcă, fără însă a avea și o semnificație juridică. S-a ajuns astfel la concluzia că sancțiunea nerespectării de către producător a obligațiilor sale morale de menținere a calității produsului ce poartă marca, nu va fi o sancțiune juridică, ci doar o renunțare a cumpărătorului la produsele acelui producător și orientarea cererii spre produsele altui producător, deci pierderea clientelei, știut fiind că un consumator oarecare nu are la dispoziție elementele necesare ca să poată verifica și aprecia, de unul singur, calitatea reală a varietății de produse ce se vînd de acel producător, el este informat, în această privință, prin acea publicitate ce se face produselor de către producătorul lor și care poartă acea marcă. Deci diferențierea obiectivă, bazată pe calitate, se transformă într-o diferențiere subiectivă, bazată pe așa zisa credință a cumpărătorului într-o superioritate calitativă a produselor astel marcate, care îl determină pe acesta din urmă să prefere o anumită marcă.

Funcția de organizare a pieței

Și în această situație observăm că, prin interacțiunea dintre producție și consum, marca apare ca un instrument de organizare a pieței și deci ca un mijloc de corelare a cererii cu oferta.

Această acțiune s-a exercitat și asupra distribuției, fie prin reducerea rolului distribuitorului la o simplă funcție de aprovizionare a consumatorului, fie prin transformarea sa în responsabil al produsului sau serviciului legat de produs. Se poate observa că forța de promovare a mărcii, influența pe care ea o exercită asupra consumului a fost adesea folosită ca mijloc de oranizare a vînzării unor produse. Toate aceste calități economice și comerciale au transformat marca în principalul instrument al marketingului.

Funcția de monopol

Sprijinite pe funcția de reclamă, funcția de concurență și cea de organizare a pieței se transformă, în anumite condiții, în funcția de monopolizare a pieței.

Presiunea pe care marca o exercită asupra cererii determină pe distribuitor să pretindă exclusivitatea distribuției. Mergînd mai departe, jocul exclusivităților încetinește ritmul distribuției produsului și în ultima analiză contribuie la frînarea producției.

Putem adăuga acestor avantaje și pe acela că această funcție dă posibilitate proprietarului produsului „de marcă" de a fixa și impune prețul acestor produse și, în anumite cazuri, de a vinde altora dreptul de a aplica marca (ce a dobîndit deja notorietate) pe produse diferite, ce provin din întreprinderi diferite.

Funcția de reclamă

Am văzut pînă acum, din cele studiate, că marca ajunge să constituie, pentru consumator, „un simbol direct legat de reputația unui produs", astfel încît ceea ce se impune cumpărătorului eventual este marca, și nu calitatea ce o oferă produsul în cauză.

Merită menționată părerea juristului P. Roubier în „Le droit de la propriété industrielle", ediția 1952, că forța de reclamă ține fie de originalitatea însăși a mărcii, adică de impresia pe care o produce asupra clientelei și de ideile pe care le trezește, fie de publicitatea, nu numai informativă dar și persuasivă, făcută în favoarea ei. Deci se poate spune că, prin forța de atracție ce o dobîndește în acest fel, marca devine un element autonom al succesului comercial și, deci, din accesoriu al produsului marca se transformă un bun independent, cu o valoare proprie.

Funcția de protecție a consumatorului

F.K. Beier afirmă că funcția de calitate a mărcii, derivată din funcția de garanție a proveniență produselor, nu are decît o singură semnificație și anume aceea că, pentru consumator, aceeași proveniență implică o calitate constantă a produsului marcat.

Dacă un consumator este înșelat în așteptările sale, el va fi apărat din punct de vedere penal și indirect prin controlul administrativ. Aceasta înseamnă că soluțiile cele mai eficace împotriva practicilor abuzive încep cu informarea consumatorilor, informare în care rolul mărcilor este esențial, deoarece, după cum am observat mai înainte, pe măsură ce legiuitorul urmărește să garanteze consumatorului dreptul la o informare veridică și să-l apere pe acesta împotriva înșelăciunii, este din ce în ce mai necesar să existe un mijloc fiabil de indentificare a produselor.

Cercetătorul latin-american E.D. Aracama Zdraquin a ajuns la concluzia necesității „unei reconsiderări a teoriei concurenței neleale și a unei noi concepții despre proprietatea in-

dustrială, care să dea consumatorului posibilitatea unilaterală de a-şi valorifica, singur sau prin intermediul asociaţiilor sau grupurilor de consumatori, drepturile", pentru că „atît timp cît instituţiile proprietăţii industriale îşi vor păstra structura actulă, un dezechilibru perceptibil se va menţine în favoarea titularilor de drepturi şi în dezavantajul protecţiei drepturilor consumatorilor".

Publicitatea mincinoasă

Se poate afirma că publicitatea sau reclama mincinoasă este actul unui producător sau comerciant care, pentru a-şi ameliora poziţia în raporturile de concurenţă, face afirmaţii contrare adevărului, cu privire la persoana, întreprinderea, produsele sau serviciile ce le oferă.

Din punct de vedere subiectiv, Legea protecţiei proprietăţii intelectuale presupune existenţa relei credinţe, ceea ce înseamnă că autorul este conştient de caracterul inexact sau efectul înşelător al afirmaţiilor sale. Deci răspunderea penală, bazată pe reglementarea specială, nu intervine decît în cazurile limitative ce sînt prevăzute în lege şi presupune dovada relei credinţe sau a intenţiei. În afară de acţiunea penală bazată pe dispoziţiile de mai sus, publicitatea mincinoasă deschide şi calea acţiunii în concurenţă neleală, bazată pe răspunderea delictuală; deci doctrina şi jurisprudenţa în preocuparea de a asigura o protecţie eficace împotriva unor astfel de acte, recurg la prezumţia potrivit căreia acţiunea în concurenţă este influenţată de afirmaţiile publicitare mincinoase.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x: Legea nr. 28/1967 privind mărcile de fabrică de comerţ şi de serviciu.

[2] x x x: H.C.M. nr. 77/68 privind aplicarea Legii nr. 28/67.

[3] x x x: Legea mărcilor de fabrică, de comerţ şi de serviciu. Texte comentate de E. Holban ş.a.

[4] *Yolanda, Eminescu:* Tratat de proprietate industrială vol. I, II, III. Editura Academiei R.S.R., Bucureşti, 1982.

[5] x x x: Romindent Ghid practic de protecţie a mărcilor.

[6] x x x: OSIM. Revista de invenţii şi inovaţii, colecţia 1970—1987.

CZ : 001.894

Trei căi posibile în cadrul fluxului general al inventicii

Prof. dr. ing. Vitalie **BELOUS** — preşedinte al Comisiei de Inventică a Academiei R.S.R.

Pe baza unei îndelungate experienţe şi cercetări proprii în domeniul creaţiei şi proiectării creative [1 . . . 6], s-a elaborat dintăi o metodologie tip de proiectare creativă în domeniul sculelor aşchietoare [7], pe baza căreia, prin extindere, s-a ajuns la un flux general al proiectării creative în construcţia de maşini [8, 9, 10].

Experimentarea timp de mai mulţi ani a acestui algoritm general al inventicii în construcţia de maşini, atît în creaţia individuală a autorului, cît şi în conducerea grupelor de constructori-creatori din rîndul studenţilor, coroborată cu cercetările privind scientizarea şi algoritmizarea generală a proiectării, efectuate de G.S. Altşuler [17, 18], G. Buş [19, 20, 21], F. Hansen [22, 23], R. Koller [24] G. Pahl, W. Beitz [25], W. Rodenacker [26], E. Krik [27], J. Dixon [28], P. Hill [29] R. Mc. Crory [30], P. Orlov [31], Ia. Z. Mindlin [32] şi în special cu cercetările colectivului condus de A.I. Polovinkin în domeniul algoritmizării căutărilor creative [33, 34, 35], a permis elaborarea unui **flux general al inventicii,** prezentat în figura 1.

Ca şi fluxul general al proiectării creative, fluxul general al inventicii a fost constituit pe baza principiului fundamental elaborat anterior, că inventica reprezintă nu numai o praxiologie a demersului creativ, ci **o praxiologie a întregului drum, de la informarea critică asupra stadiului actual al tehnicii, la formularea temei de creaţie, de aici la căutarea soluţiei, la analiza infinerească a acesteia, la decizia de adoptare, la proiectarea, realizarea, experimentarea şi optimizarea prototipului, iar de aici, la larga implementare industrială.**

Un al doilea principiu, care a stat la baza elaborării algoritmului general al inventicii, l-a constituit **admiterea a trei căi posibile de căutare şi găsire a noii soluţii,** pornind de la un acelaşi fond informaţional individual:

A — o cale directă, plecînd de la analiza critică a soluţiilor existente, stocate la nivelul fondului informaţional individual al constructorului;

B — o cale care presupune constituirea unui fond informaţional special, pe bază de documentare, şi folosirea acestuia în cadrul a 14

FLUXUL GENERAL AL INVENTICII

FONDUL INFORMAȚIONAL INDIVIDUAL

(A)

ÎNFORMAREA ȘI SINTEZA PRELIMINARĂ A ÎNFORMAȚIILOR (1)

CONSTITUIREA FONDULUI INFORMAȚIONAL SPECIAL PE BAZĂ DE DOCUMENTARE (2)

ANALIZA CRITICĂ A SOLUȚIILOR EXISTENTE

EVIDENȚIEREA LIPSURILOR GENERALE ALE TEHNICII ÎN DOMENIU

FORMULAREA TEMEI DE CREAȚIE

CAUTAREA NOILOR SOLUȚII ȘI A SOLUȚIILOR PRINCIPIILOR DE FUNCȚIONARE.

ANALIZA INGINEREASCĂ A NOILOR SOLUȚII ȘI SELECTAREA SOLUȚIEI OPTIME

(B)

E_1
E_2
E_3
E_4
E_5
E_6
E_7
E_8
E_9
E_{10}
E_{11}
E_{12}
E_{13}
E_{14}

(C)

FORMULAREA PRELIMINARĂ A TEMEI DE CREAȚIE (3)

ANALIZA TEMEI DE CREAȚIE (4)

PRECIZAREA ȘI DETALIEREA TEMEI DE CREAȚIE (5)

CAUTAREA NOILOR SOLUȚII ȘI PRINCIPII FIZICE DE FUNCȚIONARE (6)

ALEGEREA SOLUȚIILOR OPTIME (7)

FINISAREA SOLUȚIILOR SELECTATE (8)

ANALIZA INGINEREASCĂ TEORETICĂ A SOLUȚIILOR GASITE (9)

ANALIZA INGINEREASCĂ PRACTICĂ DECIZIA DE ADOPTARE (10)

PROIECT DE PROTOTIP

E_{15}
E_{16}
E_{17}

EXECUȚIE EXPERIMENTALĂ (Pilot) ○

PROIECT FUNCȚIONAL (11a)

PROIECT ORGANOLOGIC (11b)

PROIECT TEHNOLOGIC (11c)

REALIZAREA PROTOTIPULUI EXPERIMENTAL (Pilotului) (12)

EXPERIMENT-OPTIMIZARE DE DETALIU A PROTOTIPULUI EXPERIMENTAL (Pilotului) (13)

PROIECT DE EXECUȚIE PROTOTIP INDUSTRIAL (LINIE TEHNOLOGICĂ, CELULA DE FABRICAȚIE ETC) (14)

PREGĂTIREA TEHNOLOGICĂ (DE FABRICAȚIE) (15)

PROTOTIP INDUSTRIAL ÎNCERCARE OMOLOGARE PRELIMINARĂ (16)

SERIE ZERO - ÎNCERCARE - OMOLOGARE FINALĂ (17)

PRODUCȚIE DE SERIE (18)

etape, corespunzătoare metodei logice generalizate de căutare a noilor soluții tehnice, constituită din 17 etape și 180 proceduri [34];

C — o cale care presupune, de asemenea, constituirea unui fond informațional special și folosirea acestuia în cadrul unei metode generalizate logico-intuitive, prin demersuri euristice, constituită din 7 etape, 73 proceduri generale, 261 demersuri euristice și 600 proceduri elementare [35].

Cel de al treilea principiu, pus în evidență de cercetătorii sovietici în structurarea algoritmurilor și euroritmurilor generalizate, este cel al ciclizării, atît în prima parte a procesului de inventare-inventarea temei, cît și în procesul de căutare propriu-zisă a soluției, alternînd analiza cu sinteza — procedînd dintăi pe baza informării, la o formulare preliminară a temei, pentru ca, după analiza detaliată a acesteia și după completarea fondului informațional special, să se treacă la precizarea și detalierea acesteia.

Aceste „avansări" urmate de „întoarceri", pentru a relua problema la un nivel superior, se constată în special în cazul algoritmului generalizat de căutare în 17 etape (calea **B**), dacă se analizează cele 180 de proceduri de bază și cele 84 proceduri speciale de căutare [34].

Alegerea căii în cadrul fluxului general al inventicii

Prezența a trei căi de bază în cadrul flulxui general al inventicii presupune din partea inventatorului opțiunea pentru una dintre acestea, opțiune care este determinată de următoarele criterii principale:

— timpul material pus la dispoziție pentru rezolvarea temei de creație;

— personalitatea, pregătirea și structura sa intelectuală;

— poziția socio-profesională în cadrul colectivului de muncă din care face parte;

— dotarea cu mijloace electronice de calcul.

Timpul material disponibil îl determină pe inventator să aleagă fie calea **A** — operativă, fie căile **B** sau **C**, deosebit de laborioase, chiar și în ipoteza că, în urma unei experiențe îndelungate în domeniul creației tehnice, are ferm deja structurate, algoritmul euristic specializat sau metoda logico-euristică specializată.

Consumul cel mai mare de timp este determinat de etapa 2 — constituirea fondului informațional special pe baza de documentare, sursă de alimentare pentru toate etapele algoritmului sau euroritmului general, chiar și în condițiile folosirii mijloacelor electronice de calcul.

Este evident, că în criză de timp, inventatorul va recurge la calea **A** de căutare, mizînd pe fondul informațional individual, pe tehnicile și metodele intuitive de creație individuală sau în grup, dar acționînd cît mai organizat, trecînd, înainte de a ajunge la proiectul de execuție a prototipului experimental, prin etapele de analiză critică a soluțiilor existente, pe care le cunoaște, de evidențiere a lipsurilor generale ale tehnicii în domeniu, de formulare a temei de creație și conturarea pe această bază a unei imagini ideale a obiectului căutărilor, de căutare a noilor soluții și a principiilor fizice de funcționare, de analiză inginerească a noilor soluții și selectarea și adoptarea soluției optime.

Dacă inventatorul, individual sau împreună cu colectivul pe care-l conduce, posedă timpul material necesar pentru constituirea fondului informațional special, pe baza unei intense activități de documentare, de organizare și sinteză a informațiilor, se va alege fie calea **B** de căutări logice, fie calea **C** de căutări logico-intuitive.

Pregătirea și structura intelectuală și de personalitate a inventatorului reprezintă un al doilea criteriu hotărîtor pentru alegerea uneia dintre cele trei căi; pentru un inventator cu înalte calități creative, dotat cu flexibilitate, imaginație și cu o înaltă capacitate de conlucrare a conștientului cu subconștientul, este convenabilă calea operativă **A**, de punere directă în valoare a stocului informațional individual și a capacității de a folosi tehnicile și metodele intuitive de stimulare a creației tehnice, în timp ce pentru un inventator organizat, constructor de profesie, mai adecvată este calea algoritmului generalizat **B**, în care logica proiectării este îmbinată cu logica demersurilor creative.

De regulă, căutările constructorului profesionist se desfășoară după o succesiune riguroasă, metodic, cu folosirea experienței individuale a colectivului, a surselor bibliografice și îndrumarelor de proiectare, a sectorului de informatică, ceea ce, cu timpul, structurează anumite trăsături de personalitate, diferite de cele ale inventatorului. Invenția în activitatea constructorului nu este de regulă un lucru deliberat căutat, ci ea apare firesc, prin căutări metodice a unei soluții tehnice convenabile **obligatoriu utilizabile.**

Dimpotrivă, inventatorul de profesie își concentrează toată atenția pe rezolvarea creativă a unor contradicții sau lipsuri ale tehnicii actuale, teme depistate individual sau făcînd parte din planul tematic de invenții al întreprinderii; în timp ce constructorul își dezvoltă creativitatea în limitele unor teme impuse, inventatorul are posibilitatea să-și aleagă atît tema de creație, cît și modalitățile de rezolvare a acesteia.

Făcînd o reușită analogie între luptătorul pentru o tehnică nouă și luptătorul cu arma în mînă, cunoscutul constructor sovietic V.P. Truș-

kin [36] îl compară pe inventatorul de profesie cu un partizan care luptă neconvențional, într-un stil liber, fără folosirea canoanelor, în timp ce constructorul de profesie poate fi asemuit cu un luptător disciplinat din armata regulată. Așa cum a demonstrat experiența celui de al II-lea război mondial, eficiența acțiunilor de partizani a depășit de multe ori pe cea a trupelor regulate, dar și că un război se cîștigă totuși de către aceștia din urmă.

Este evident că un constructor profesionist poate și trebuie să inventeze, după cum și un inventator profesionist trebuie să știe să proiecteze rațional ; în caz contrar este necesară cooperarea dintre ei, cooperarea dintre armata regulată și cea de partizani, sau, dacă se folosește analogia cu șahul de performanță, cooperarea dintre un șahist pozițional cu un șahist combinativ-feeric.

Cititorul își va pune firesc întrebarea : dacă inventatorului bazat pe intuiție îi corespunde calea **A**, iar celui bazat mai mult pe logică, pe muncă organizată, calea **B**, cui îi aparține calea **C** ?

Această cale, caracterizată prin îmbinarea algoritmului cu euristicul, a gîndirii convergente cu cea divergentă, a unei perfecte organizări a procesului de căutare, cu folosirea unei largi game de demersuri, tehnici și metode euristice de căutare, îi corespunde unui inventator-constructor sau un constructor-inventator de profesie, cu un larg profil profesional, ipostază spre care trebuie să tindă orice constructor și orice inventator ; folosind în continuare analogia cu domeniul militar, este calea pe care poate merge soldatul de elită multilateral, pregătit fizic și psihic, stăpîn atît pe tehnica de luptă regulată, cît și pe cea a luptei de partizani și a trupelor de recunoaștere.

Și în domeniul șahului, marea performanță este atinsă numai de către jucătorii la care pregătirea pentru jocul pozițional este dublată de cea pentru jocul combinat-feeric, fapt demostrat și de utimul meci pentru titlul mondial, desfășurat la Sevilla între cei doi mari așși, — Garri Kasparov și Anatoli Karpov ; așa cum în șah, pentru a cîștiga este necesar jocul combinativ, care însă prezintă o doză importantă de risc și pentru cel care-l practică, așa și în creația tehnică de mare eficiență, specifică metodei euroritmului general, este necesară asumarea unei oarecari doze de risc din partea celui care recurge la aceasta.

Dacă se ia în considerație *poziția socio-profesională din cadrul colectivului de muncă din care face parte,* pentru inventatorul individual, care desfășoară activități creative în domenii din afara preocupării directe ale colectivului din care face parte, calea normală este calea **A**, de valorificare euristică a stocului informațional individual, în tip ce pentru inventatorul care caută soluții originale în cadrul preocupărilor profesionale de constructor — pentru care este retribuit, căile optime sînt calea **B** a algoritmului general de căutare, sau calea **C** a euroritmului general de căutare, abordabilă în special atunci cînd este înarmat și cu o intuiție înalt educată.

Este evident că uneori, presat de timp, și constructorul de profesie va scurtcircuita procesul de căutare, plecînd direct de la fondul informațional individual, folosind deci calea **A**.

Dotarea cu mijloacele electronice de calcul adecvate poate să constituie un criteriu important, în special pentru structura algoritmurilor sau euroritmurilor specializate, specifice căilor **B** și **C**. Cu cît mai perfecționate sînt mașinile de calcul de care se dispune, cu atît mai dezvoltate vor fi euroritmurile și algoritmurile specializate ; dimpotrivă, lipsa mijloacelor electronice de calcul determină necesitatea simplificării la maximum a acestora.

Etapele inventicii în cazul folosirii euroritmului generalizat

Structura pe etape a fluxului inventicii, în cazul folosirii euroritmului generalizat (calea **C**) cuprinde 18 etape și 129 de proceduri de bază, care necesită prezența activă a inventatorului.

Creșterea, față de euroritmul generalizat, a numărului de etape de la 7 — la 18, iar a procedurilor generale de la 73 la 129 se datorește următoarele cauze :

— aplicării concepției generale a prezentei lucrări, în conformitate cu care inventica reprezintă știința și arta nu numai a formulării temei, a căutării și găsirii soluțiilor, ci și a **implementării industriale a acestora,** drumul fiind astfel mai lung decît drumul trasat de euroritmul generalizat ;

— introducerii unei prime etape de informare și sinteză preliminară a informațiilor, înainte de constituirea fondului informațional special ;

— îmbogățirii etapelor cu noi proceduri de bază, rezultate din experiența personală a autorului lucrării.

Fluxul general al inventicii, în cazul folosirii euroritmului generalizat, presupune parcurgerea de către inventatorul profesionist a următoarelor 18 etape :

1 — informarea și sinteza preliminară a informațiilor ;

2 — constituirea fondului informațional special ;

3 — formularea preliminară a temei de creație ;

4 — analiza temei de creație ;

5 — precizarea și detalierea temei de creație ;

6 — căutarea ideilor tehnice, a soluțiilor și principiilor fizice de funcționare ;

7 — alegerea soluțiilor optime ;

8 — finisarea soluțiilor selectate ;

9 — analiza inginerească teoretică a soluțiilor selectate ;

10 — analiza inginerească experimentală, pe model funcțional (miniplot) și optimizarea prealabilă de amănunt (organologică) și decizia de adoptare ;

11 — proiectarea prototipului experimental (pilotului) ;

12 — realizarea prototipului experimental (pilotului) ;

13 — experimentarea — optimizarea experimentală de detaliu și omologarea prototipului experimental (pilotului) ;

14 — proiectul de execuție a prototipului industrial (linie tehnologică, celulă de fabricație etc.) ;

15 — pregătirea de fabricație ;

16 — realizarea prototipului industrial ; încercare-omologare preliminară de produs (tehnologie) ;

17 — realizarea seriei zero și omologarea finală a produsului ;

18 — producția de serie.

În primele zece etape inventatorul este prezent, întrucît joacă în cazul acestora rolul principal ; în etapele 11, 12 și 13, prezența sa este strict necesară, întrucît, atît la proiectarea și realizarea prototipului este utilă cel puțin asistența sa tehnică, iar la experimentarea-optimizarea de detaliu, el poate contribui substanțial la succesul propriilor invenții.

Este utilă, de asemenea, prezența inventatorului, cel puțin parțial, și în etapele finale de valorificare 14 ... 18, în care rolul principal îl au constructorii și tehnologii profesioniști, dar care trebuie să fie perfect cunoscute și de către inventator, altfel acțiunile sale în partea finală a fluxului rămîn lipsite de eficiență.

Cititorul va face cunoștință detaliat cu conținutul etapelor, cu procedurile și cu demersurile specifice acestora din „Manualul Inventatorului" care urmează să apară în Editura tehnică în anul 1989.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Belous, V.* : Proiectarea sculelor. Bazele proiectării sculelor aşchietoare. I.P. Iaşi, 1968.

[2] *Belous, V.* : Proiectarea de rutină şi proiectarea cretativă-inginerească în domeniul sculelor aşchietoare, în vol. Comunicări ştiinţifice, Botoşani — Rotaprint, 1978, pp. 11—22.

[3] *Belous, V.* : Asupra etapelor creaţiei tehnice în vol. Creaţia tehnică şi fiabilitatea în construcţia de maşini. Maşini-unelte-scule-dispozitive", Rotaprint, I.P. Iaşi 1978, pp. 34—37.

[4] *Belous, V.* : Metode psihologice de creaţie de noi tipuri de scule aşchietoare. Ibid, pp. 28—33.

[5] *Belous, V.* : Metode analitice pentru creaţia de noi tipuri de scule aşchietoare, Ibid, pp. 14—19

[6] *Belous, V., Severincu, M.* : Asupra unor metode analitice de creaţie în tehnică. În vol. Creaţia tehnică şi fiabilitatea în consrtucţia de maşini. Maşini-unelte-scule-dispozitive, Rotaprint, I. P. Iaşi 1980.

[7] *Belous, V.* : Sinteza sculelor aşchietoare, Editura „Junimea" Iaşi, 1980.

[8] *Belous, V.* : Inventica. Bazele creaţiei tehnice. Rotaprint, I.P. Iaşi, 1984.

[9] *Belous, V.* : Etapele inventicii — etape fundamentale ale proiectării creative. Lucrările primului Simpozion naţional de inventică. Iaşi 1984, pp. 16—28.

[10] *Belous, V.* : Creaţia tehnică în construcţia de maşini. Inventica. Editura „Junimea" Iaşi, 1986.

[11] *Belous, V.* : Inventica şi proiectarea optimală. În revista de Pedagogie, nr. 3, 1987.

[12] *Belous, V.* : Specialistul format în facultăţile tehnice-inventator de profesie. În revista „Forum", 1985, pp. 37—45.

[13] *Belous, V.* : Formularea prin deducţie a temei de creaţie în construcţia de maşini. În revista „Forum", nr. 11, 1985.

[14] *Belous, V.* : Şcolile de inventică-mijloc de stimulare a procesului creativ în tehnică. În „Revista Economică", nr. 31, pp. 22—23.

[15] *Belous, V.* : Inventica şi superprodusele în construcţia de maşini, în vol. celui de al II-lea Simpozion naţional „Perspectiva pluridisciplinară asupra creativităţii", Buşteni, 1985, pp. 144—147.

[16] *Belous, V.* : Polivalenţa şi interferenţele inventicii, în vol. Tehnologii-Calitate-Maşini-Materiale-Progres tehnic (TCMM, nr. 1, 1987, pp. 309—320.

[17] *Altşuler, G.S.* : Algoritm izobretenia. Ed. Moskovskii rabocii, 1973.

[18] *Altşuler, G.S.* : Tvorcestvo kak tocinaia nauka. Ed. Sovetcoe Radio, 1979.

[19] *Buş, G. Ia.* : Metodî tehniceskovo tvorcestva. Ed. „Liesma" Riga, 1972.

[20] *Buş, G. Ia.* : Metodologhiceskie osnov naucinovo upravlenia izobretatelistvom. Ed. „Liesma", Riga, 1974.

[21] *Buş, G. Ia.* : Rojdenie izooretateliskih idei. Ed „Liesma", Riga, 1976.

[22] *Hansen, F.* : Osnovî obscei metodiki konstruirovania. Traducere din limba germană. Ed. Maşinostroenie, Moskva, 1969.

[23] *Hansen, F.* : Konstruktionswissenschaft. Grundlagen und Methoden. VEB Verlag Technic, Berlin, 1976.

[24] *Koller, R.* : Konstructionsmethode für den maschinen Geräte und Apparatebau. Springer Verlag, Berlin, 1976.

[25] *Pahl, G., Beitz, W.* : Konstructionslehre. Springer Verlag Berlin, 1977.

[26] *Rodenacker, W.G.* : Methodisches Konstruiren Regeln und Beispiele. Krausskopf Verlag, Mainz 1972.

[27] *Krik, E.* : Vedenie v injinernoe delo. Ed. „Energhia", Moskva, 1970.

[28] *Dickson, J.* : Design Engineering. Inventiveness, Analisys and Decision Making. Mc. Graw Hill Book, New-York, 1969.

[29] *Hill, P.* : The Science of Engineering Design. Holt-Rinehart and Winston Inc., New-York, 1970.

[30] *Crory, Mc. R.J.* : The Design Method in Practice. In The Design Methotd. London, Ed. „Bunterworths", 1966.

[31] *Orlov, P.I.* : Osnovî konstruirovania I. Ed. „Maşinostroenie", Moskva, 1968.

[32] *Mindlin, Ia. Z.* : Loghica konstruirovania. Ed. „Maşinostroenie", Moskva, 1969.

[33] *Polovinkin, A.I. şi colab.*: Metodî poiska novîh tehniceskih reşenii. Ed. „Mariisk", Iuşkar-Ola, 1976.
[34] *Dvoreankin, A.M., Polovinkin, A.I. Sobolev,* A.M.: Metodî sinteza tehniceskih reşenii. Ed. „Nauka", Moskva, 1977.
[35] *Polovinkin, A.I. şi colab.*: Avtomatizaţia poiskovo konstruirovania, Ed. „Radio i Sveazi" Moskva, 1981.
[36] *Truşkin, V.P.*: Zapiski konstructora. Ed. Moskovskii Rabocii, 1981, p. 237.

CZ 62-72 : 621.822.61/.8

Metodă practică de apreciere a regimului de ungere în rulmenţi

Asist. ing. Gheorghe **PRISECARU**, asist. ing. Mihai **BERCEA** — Institutul Politehnic Iaşi
Ing. Mihai **CIOBANU** — Combinatul de Utilaj Greu Iaşi

Introducere

Durabilitatea rulmenţilor este strîns legată de calitatea lubrificaţiei, fapt exprimat prin factorul a_3 din formula de calcul al durabilităţii :

$$L = a_1.a_2.a_3\ (C/P_r.a)^p \qquad (1)$$

Se observă o creştere a durabilităţii funcţie de calitatea lubrificaţiei (fig. 1).

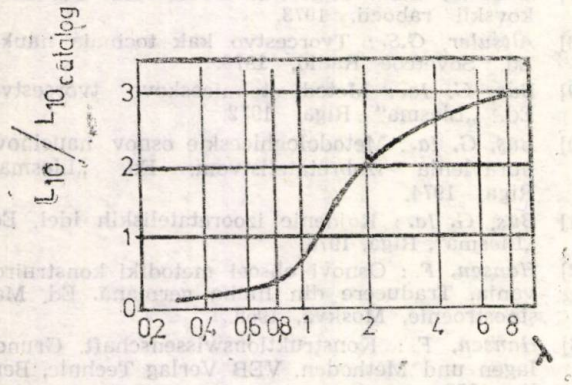


Fig. 1

Aprecierea regimului de ungere, respectiv a gradului de separare a bilelor de căile de rulare, se poate face folosind drept criteriu parametrul filmului, λ.

Funcţie de valorile parametrului, λ, poate fi indicat tipul regimului de frecare-ungere al contactului bilă-cale de rulare. Astfel, pentru $\lambda > 3$, bilele şi căile de rulare sînt complet separate de o peliculă de lubrifiant, rulmentul lucrînd în regim EHD complet, iar pentru $\lambda \leqslant 3$, între bilă şi căile de rulare au loc contacte a nivelul asperităţilor, rulmentul lucrînd în regim EHD parţial sau regim mixt.

Parametrul λ poate fi calculat atunci cînd sînt cunoscute condiţiile de lucru : distribuţia încărcării, vîscozitatea lubrifiantului la temperatura de lucru şi topografia suprafeţei.

În majoritatea situaţiilor concrete de funcţionare a rulmenţilor, λ nu poate fi calculat necunoscînd unele detalii.

Pentru aprecierea experimentală a lui sînt cunoscute următoarele metode :

— metoda rezistenţei electrice [9, 10, 11]
— metoda capacităţii electrice [1, 2, 8, 11] ;
— metode optice (interferometrică şi a difracţiei) [11] ;
— metoda cu raze X sau cu raze gama [11].

Pentru cazurile concrete de funcţionare a rulmenţilor, pot fi utilizate numai primele două metode, celelalte metode necesitînd modificări ale rulmenţilor sau ale aplicaţiilor lor.

Metoda rezistenţei electrice în curent continuu sau alternativ [7] are dezavantajul de a măsura frecvenţele de contact metalic, numai la viteze scăzute, întrucît capacitatea rulmentului şi rezistenţele din divizorul de tensiune acţionează ca un filtru electric. De asemenea, informaţiile despre variaţia grosimii filmului, cînd $\lambda > 3$, nu sînt semnificative.

Metoda capacitivă [6] poate fi aplicată pentru cazul cînd $\lambda > 3$, dar nu poate fi folosită cînd intervine contactul metalic ($\lambda < 3$).

Metodă şi echipament

Tehnica de măsurare prezentată numită şi „metoda „RC" combina metoda rezistenţei electrice cu metoda capacităţii electrice.

În figura 2 este arătată o secţiune printr-un contact bilă-cale de rulare.

Contactul bilei de rulment cu căile de rulare poate fi considerat ca un număr de capacităţi şi rezistori în paralel şi în serie, care formează o capacitate totală C_r şi o rezistenţă totală R_r (fig. 3).

Aşadar rulmentul poate fi asimilat cu un condensator cu pierderi mari, care este simbolizat printr-o capacitate legată în paralel cu rezistenţa de pierderi (fig. 4).

Modulul impendanței rulmentului va avea expresia :

$$|Z| = R_r^2 + \left(\frac{1}{C_r}\right)^2 \qquad (2)$$

Amplitudinea unui semnal sinusoidal cules de pe un divizor de impedanță (relația 2) depinde numai de modulul impedanțelor care alcătuiesc divizorul (fig. 4).

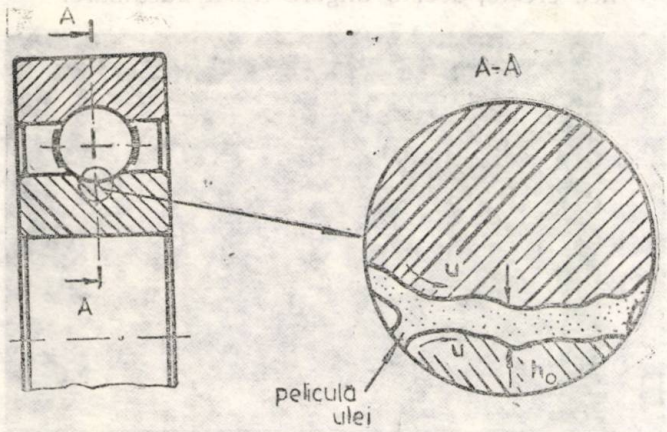


Fig. 2

Fig. 4

„Instalația RC" se compune din următoarele părți (fig. 5) :

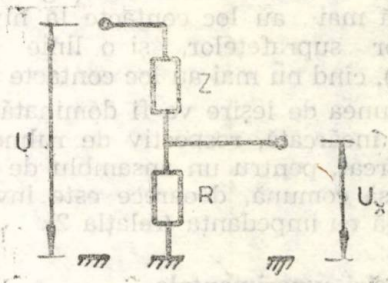


Fig. 5

$$U_x = U \cdot \frac{R}{R+Z} \qquad (3)$$

— generator de semnale, de frecvență cunoscută și relativ mare, pentru a nu putea fi influență de frecvența de rețea și de putere mică, pentru a nu apărea străpungeri ale dielectricului (lubrifiantului) ;

— divizor de impedanță ;

— amplificator selectiv pentru frecvența generatorului; amplifică doar semnalul de aceeași frecvență cu a generatorului ;

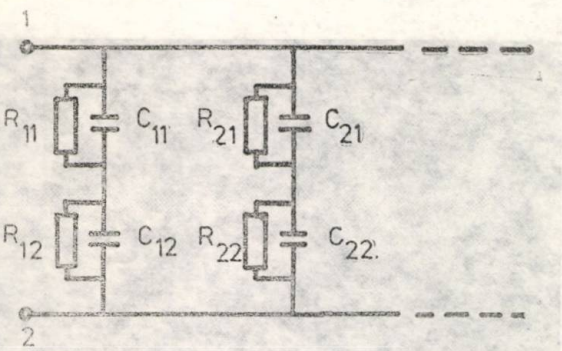


Fig. 3

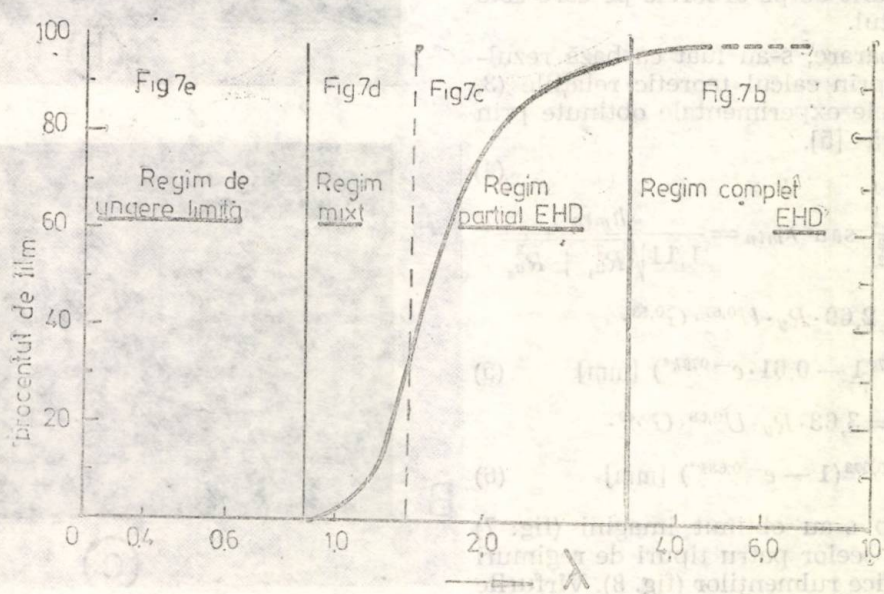


Fig. 6

— circuit de redresare ; redresează semnalul de la ieşirea din blocul amplificator.

Toate aceste blocuri sînt încorporate într-un singur aparat. Semnalul prelucrat este vizualizat pe osciloscop sau pe un (fig. 6) inscriptor X—Y.

Pentru interpretarea semnalelor electrice se consideră că avem în fiecare contact hertzian, trei cazuri distincte :

a) contact metalic continuu ;
b) contact intermitent ;
c) separare completă a rugozităţilor.

Corespunzător fiecărui caz, vor apărea pe ecranul osciloscopului o bandă albă continuă (fig. 7, a), o bandă discontinuă (fig. 7, c, d, e), cînd încă mai au loc contacte la nivelul asperităţilor suprafeţelor, şi o linie continuă (fig. 7, b), cînd nu mai au loc contacte metalice.

Tensiunea de ieşire va fi dominată de bila cea mai încărcată, respectiv de rulmentul cel mai încărcat, pentru un ansamblu de rulmenţi cu carcasă comună, deoarece este invers proporţională cu impedanţa (relaţia 2).

Încercări experimentale

Testarea s-a efectuat pe rulmentul 6206, montat pe un stand de construcţie specială, în următoarele condiţii de încercare :

— încărcare radială $F_R = \frac{1}{10} \cdot C = 1500$ [N];

— turaţia de lucru a inelului interior $n_i =$ 1500 [r.p.m.]; inel exterior imobil ;

— mediu de ungere : uleiurile HA 46 şi T 80 EP 2.

În timpul măsurărilor s-a determinat temperatura la inelul exterior.

Tensiunea s-a aplicat pe inelul exterior al rulmentului, semnalul fiind cules cu ajutorul unei perii de grafit de pe arborele pe care este montat rulmentul.

Pentru comparare, s-au luat ca bază rezultatele obţinute prin calcul teoretic relaţiile (3, 4, 5) şi rezultatele experimentale obţinute prin metoda rezistivă [5].

$$\lambda_{min} = \frac{h_{min}}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2} \text{ sau } \lambda_{min} = \frac{h_{min}}{1{,}11\sqrt{R_{a_1}^2 + R_{a_2}^2}} \quad (4)$$

$$h_c = 2{,}69 \cdot R_y \cdot U^{0{,}67} \cdot G^{0{,}53} \cdot W^{-0{,}067}(1 - 0{,}61 \cdot e^{-0{,}73k^*}) \text{ [mm]} \quad (5)$$

$$h_{min} = 3{,}63 \cdot R_y \cdot U^{0{,}68} \cdot G^{0{,}49} \cdot W^{-0{,}073}(1 - e^{-0{,}68k^*}) \text{ [mm]} \quad (6)$$

Pe osciloscop s-au obţinut imagini (fig. 7) corespunzătoare celor patru tipuri de regimuri de ungere specifice rulmenţilor (fig. 8). Vîrfurile care ating nivelul B indică contact metalic.

Figura 7, b indică un regim EHD complet ($\lambda > 3$), cînd suprafeţele sînt separate complet de un film de lubrifiant. Figura 7, c indică un regim EHD parţial ($1{,}3 < \lambda < 3$), rulmentul funcţionînd în regim stabilizat ; au loc contacte metalice intermitente. Figurile 7, d şi 7, e indică regim mixt ($0{,}8 < \lambda < 1{,}3$), respectiv regim de ungere limită, cînd numărul de contacte metalice creşte, deci o ungere nesatisfăcătoare.

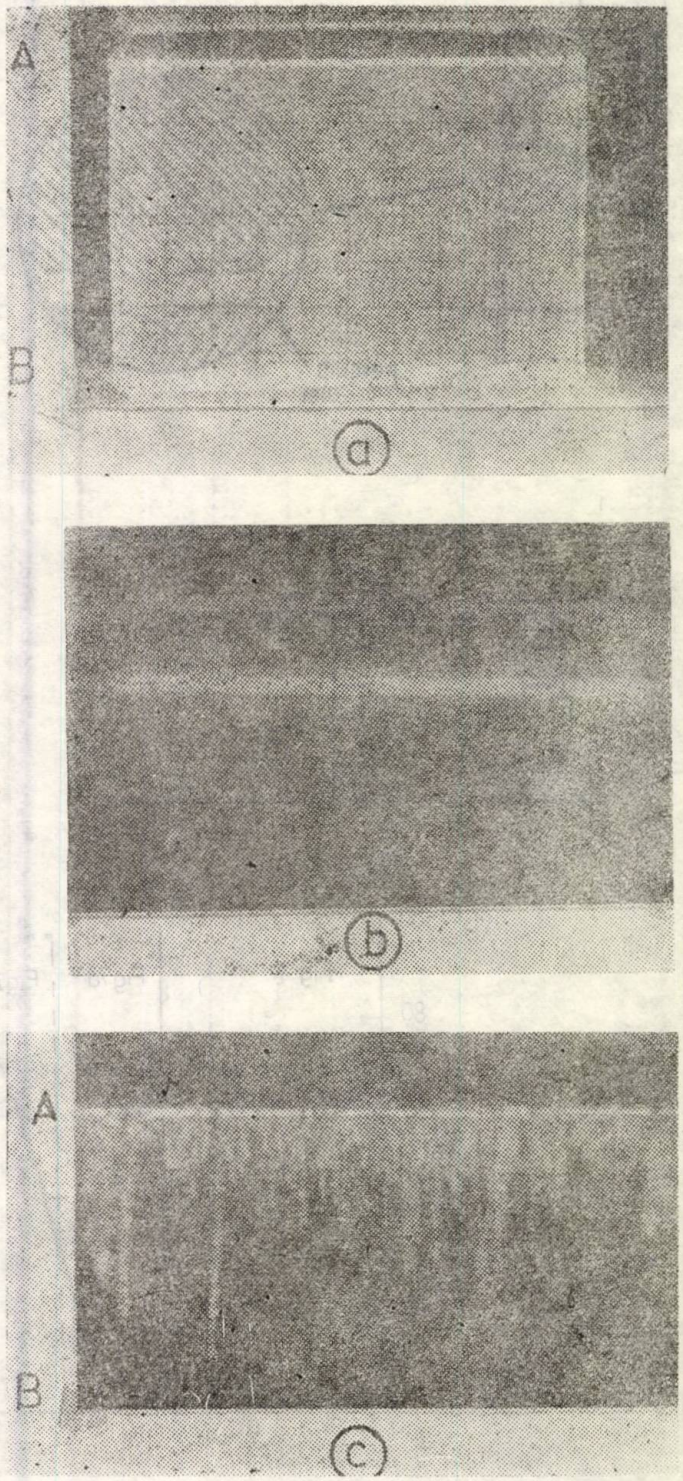
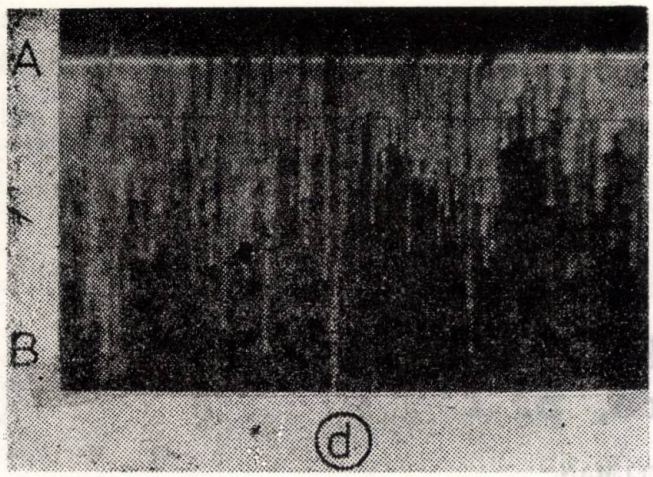


Fig. 7



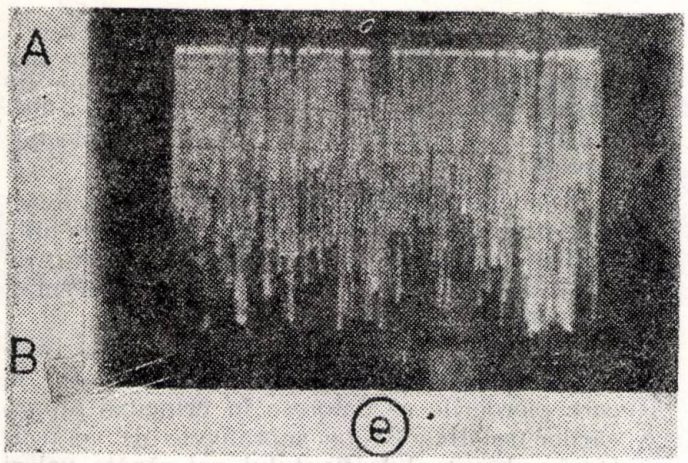


Fig. 7

Concluzii

a. Metoda permite o apreciere calitativă a regimului de ungere în rulmenţi printr-o bună aproximare a parametrului λ.

b. Gabaritul mic al instalaţiei „RC" permite utilizarea acesteia nu numai în condiţii de laborator, ci şi în aplicaţiile industriale.

c. În cazul unui ansamblu de rulmenţi montaţi „în paralel" (arbore şi carcasă comună), instalaţia „RC" dă indicaţii asupra regimului de ungere din rulmentul cel mai încărcat.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Coy, J.J., ş.a.* : Analysis of Dynamic Capacity of Low-Contact-Ratio Spur Gears Using Lundberg-Palmgren Theory, NSA, TND—8029.

[2] *Coy, J.J., ş.a.* : Some Limitations in Appling Classical EHD Film Thickness Formulas to a High-Speed Bearing, Journal of Lubrication Technology, ASMS, April 1981, vol. 103.

[3] *Gafiţanu, M.D., ş.a.* : Organe de maşini, vol. II, Bucureşti, Ed. Tehnică, 1983, p. 94—107.

[4] *Gafiţanu, M.D., ş.a.* : Rulmenţi, vol. I, Bucureşti, Ed. Tehnică, 1983, p. 94—107.

[5] *Gafiţanu, M.D.* : Comportarea unor unsori utilizate la ungerea rulmenţilor de turaţie ridicată, partea I şi II, Bucureşti, TRIBOTEHNICA '87.

[6] *Harris, T.* : Rolling Bearing Analysis, Second, Edition, 1984, p.

[7] *Heemskerk, R.S., ş.a.* : Measurement of Lubrication Condition in Rolling Element Bearings. ASLE Trans. 24,4, p. 5119—527 (1981; Maschinenbautechnik, Berlin, 32 (1983), 4.

[8] *Hashimoto, S.* : Experimental Studies of the Lubricating Oil Film between Two Rolling Rollers. Buletin of J.S.M.E., vol. 6, nr. 22, 1963, p. 327—33.

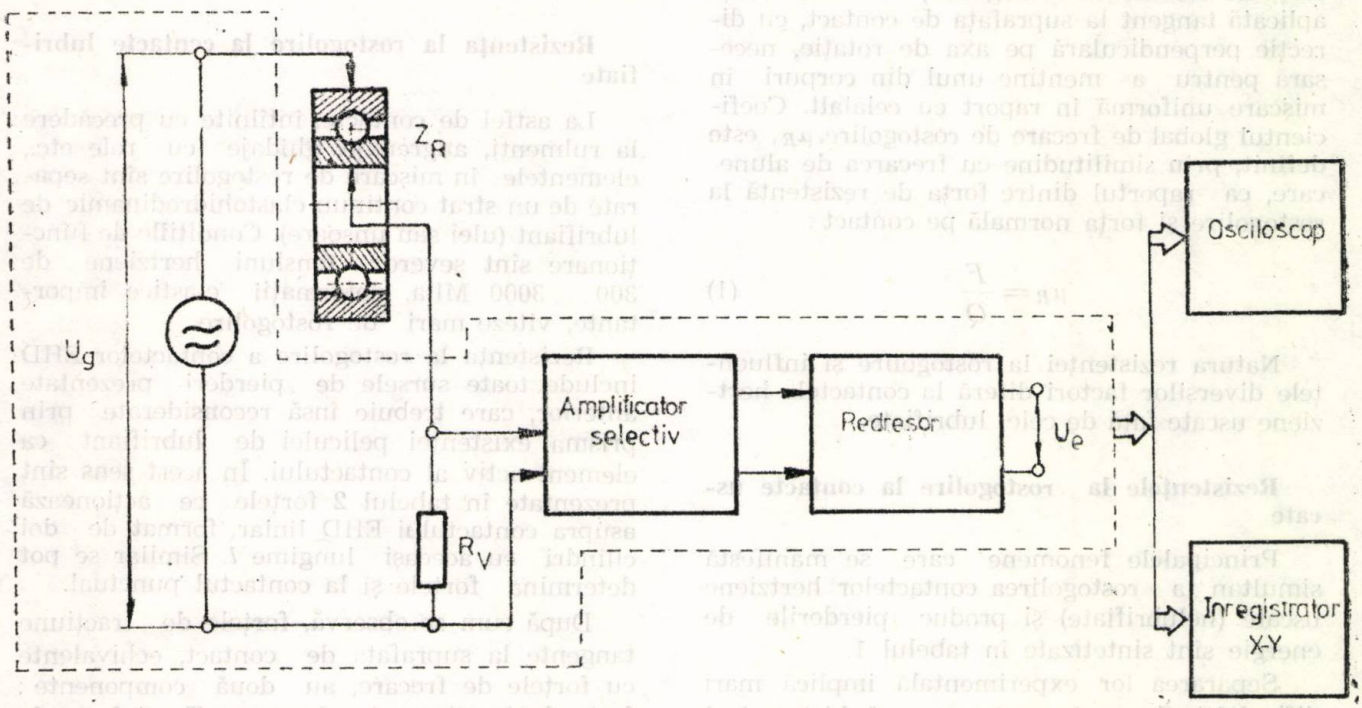


Fig. 8

[9] *Popinceanu, N.G., Gafiţanu M.D., ş.a.*: Rolling bearing fatigue life and EHL Theory, Wear, 45 (1977), p. 17—32.
[10] *Popiceanu, N.G., Gafiţanu, M.D. ş.a.*: A Study of Rolling bearing fatique life with miural oil lubrication, Wear, 22 (1972), p. 21.
[11] *Popinceanu, N.G., Gafiţanu, M.D., ş.a.*: Probleme fundamentale ale contactului cu rostogolire, Ed. tehnică, Bucureşti, 1985.
[12] *Wiele, H., ş.a.*: Temperatur Sensoren an Werkzeugmaschinen-Hauptspindeln erhöhen die Betriebssichenheit und Arbeitagenauigkeit, Maschinen Bautechnik, Berlin 32 (1983) 4.

CZ : 531.46

Unele consideraţii asupra coeficientului de frecare şi rostogolire, p. I

Prof. dr. ing. Mihai **GAFIŢANU**, ş.l. ing. Mariana **HANŢELMAN**, ş.l. ing. Dumitru **OLARU** — Institutul Politehnic Iaşi

Introducere

Faptul că rezistenţa la rostogolire este considerabil mai mică decît rezistenţa la alunecare, la corpuri din materiale identice, se cunoaşte din cele mai vechi timpuri şi are multiple utilizări în tehnică. Larga răspîndire a rulmenţilor, angrenajelor, mecanismelor cu camă, ghidajelor cu role, şuruburilor cu bile justifică oportunitatea cercetărilor asupra naturii pierderilor de putere la rostogolire care, deşi foarte reduse, oferă încă posibilităţi de optimizare.

Se consideră că rostogolirea pură are loc între două corpuri cu suprafeţele curbe, iniţial în contact după o dreaptă sau un punct, încărcate cu o forţă pur normală, Q, şi avînd axele perfect paralele. Rezistenţa la rostogolire (sau forţa de frecare de rostogolire) F este forţa aplicată tangent la suprafaţa de contact, cu direcţie perpendiculară pe axa de rotaţie, necesară pentru a menţine unul din corpuri în mişcare uniformă în raport cu celălalt. Coeficientul global de frecare de rostogolire, μ_R, este definit, prin similitudine cu frecarea de alunecare, ca raportul dintre forţa de rezistenţă la rostogolire şi forţa normală pe contact :

$$\mu_R = \frac{F}{Q} \qquad (1)$$

Natura rezistenţei la rostogolire şi influenţele diverşilor factori diferă la contactele hertziene uscate faţă de cele lubrifiate.

Rezistenţele la rostogolire la contacte uscate

Principalele fenomene care se manifestă simultan la rostogolirea contactelor hertziene uscate (nelubrifiate) şi produc pierderile de energie sînt sintetizate în tabelul 1.

Separarea lor experimentală implică mari dificultăţi. Se poate presupune că histerezisul elastic e sursa principală de frecare la contactele puţin încărcate, sau acolo unde geometria elementelor permite apariţia unei suprafeţe de contact preponderent plane (bielă-plan, cilindru-plan, rulmenţi cu role cilindrice proiectaţi corect).

Chiar şi în aceste cazuri, măsurarea pierderilor prin histerezis necesită precauţii deosebite, pentru eliminarea altor eventuale surse de erori, cum ar fi de exemplu rezistenţa aerului, comparabilă ca ordin de mărime [6].

Din punct de vedere practic, prezintă interes contactele solicitate de forţe mai mari, la care pierderile se datoresc în principal alunecărilor relative de pe suprafeţele de contact, iar în absenţa lubrifiantului pot căpăta valori mari, provocînd uzură, încălzire, pericol de gripare.

Rezistenţa la rostogolire la ccntacte lubrifiate

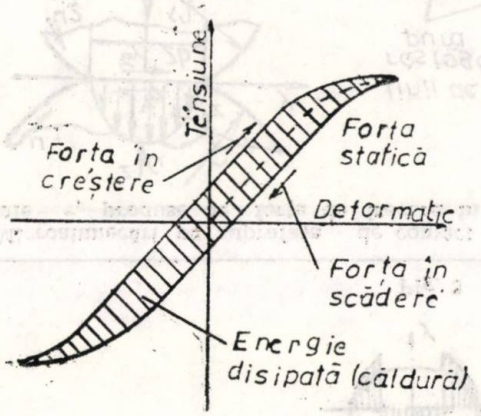
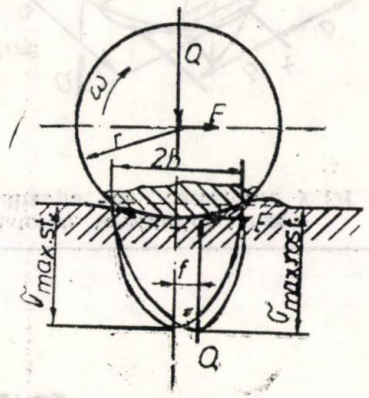
La astfel de contacte, întîlnite cu precădere la rulmenţi, angrenaje, ghidaje cu role etc., elementele în mişcare de rostogolire sînt separate de un strat continuu elastohidrodinamic de lubrifiant (ulei sau unsoare). Condiţiile de funcţionare sînt severe : tensiuni hertziene de 300 . . . 3000 MPa, deformaţii elastice importante, viteze mari de rostogolire.

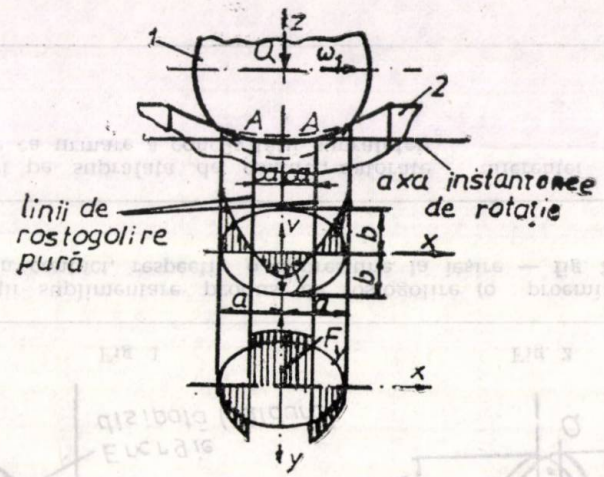
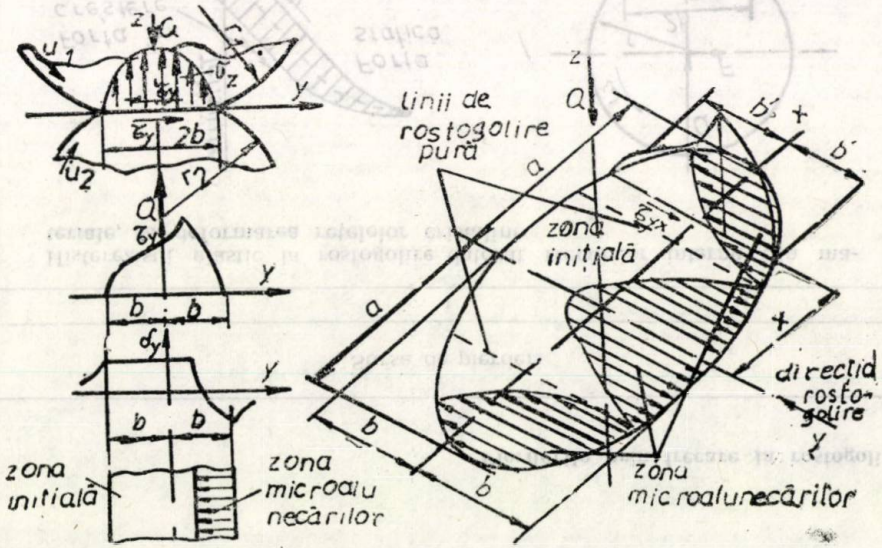
Rezistenţa la rostogolire a contactelor EHD include toate sursele de pierderi prezentate anterior, care trebuie însă reconsiderate prin prisma existenţei peliculei de lubrifiant ca element activ al contactului. În acest sens sînt prezentate în tabelul 2 forţele ce acţionează asupra contactului EHD liniar, format de doi cilindri cu aceeaşi lungime l. Similar se pot determina forţele şi la contactul punctual.

După cum se observă, forţele de tracţiune tangente la suprafaţa de contact, echivalente cu forţele de frecare, au două componente : forţa de tracţiune de alunecare T_a şi forţa de tracţiune de rostogolire T_R, care se obţin prin

Pierderile prin frecare la rostogolire în cazul contactelor uscate

Tabelul 1

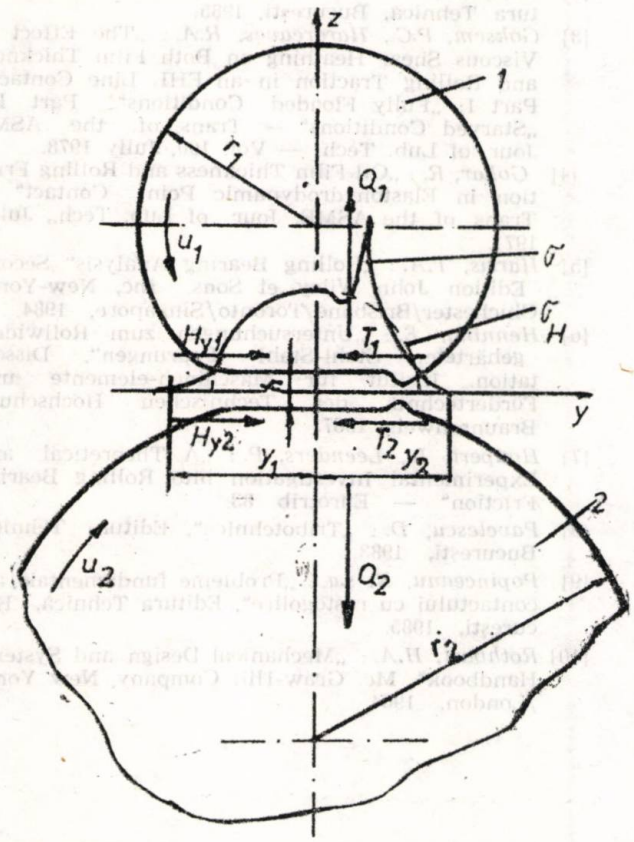
Nr. crt.	Sursa de pierderi	Consecințe	Relații de calcul	Dependențe și valori orientative
0	1	2	3	4
1	Histerezisul elastic la rostogolire datorat frecărilor interne din materiale, la deformarea rețelelor cristaline  Fig. 1  Fig. 2	Deplasarea forței normale rezultante la distanța f (brațul frecării de rostogolire) de axa de rotație	Forța de frecare de rostogolire : $F = \frac{f}{r} Q$ Coeficientul global de frecare de rostogolire : $\mu_R = \frac{f}{r}$	— Pierderile prin histerezis depind de volumul de material sensibil solicitat și de tensiunile normale pe suprafața de contact [5]; $\mu_R = \leqslant 10^{-4}$ — La materiale cu comportare vîscoelastică, rezistența de rostogolire depinde și de viteza de deplasare. După [6], acest lucru e valabil și la oțeluri ; prin încercări în vid la contacte bilă-plan rezultă pentru oțeluri călite cu duritatea 59±1 HRC și rugozitatea sub 0,1 μm, $\mu_R = 10^{-5} \ldots 10^{-6}$
2	Deformații suplimentare produse de rostogolire (o proeminență la intrarea în contact, respectiv o depresiune la ieșire — fig. 2)	Mărirea rezistenței la rostogolire	—	—
3	Alunecări pe suprafața de contact, datorate diferenței vitezelor periferice ca urmare a concavității suprafeței.	Principala sursă de pierderi la contactele de rostogolire sub sarcină	$F = \mu Q \cdot (3c - c^3 - 1)$ contact punctual	Coeficientul de frecare de alunecare μ depinde în principal de natura materialelor corpurilor și de calitatea prelucrării

0	1	2	3	4
3	 Fig. 3		$F = \mu Q$ (2c—1) Contact liniar (relaţii stabilite prin integrarea pe suprafaţă a forţei de frecare elementare $dF = \mu \sigma dA$ [5 10])	După [10] $\mu = 0{,}075$ pentru rulmenţi în regim de funcţionare, sau $\mu = 0{,}1$ pentru rulmenţi la pornire — Coeficientul c defineşte poziţia punctelor de rostogolire „pură", respectiv a liniilor de rostogolire
4	Microalunecări pe suprafaţa de contact datorate tensiunilor tangenţiale τ_y produse de forţa de frecare în direcţia de rostogolire y [5]  a. contact liniar Fig. 4 b. contact punctual	Microdeplasările apar doar de la o anumită valoare a tensiunilor tangenţiale, în zona de ieşire a contactului. Zona iniţială, fără microalunecări este zonă de tracţiune [locked region]	—	Efectul microdeplasărilor este o oarecare scădere a rezistenţei la rostogolire (Valabil şi la contacte lubrifiate)

Forțele ce acționează la contactul EHD liniar
[2, 3, 4, 5, 7, 9]

Tabelul 2

Denumirea forțelor	Relația de calcul
Forțele normale de contact	$Q_1 = Q_2 = \int_{y_1}^{y_2} \sigma \cdot l \cdot dy$
Forțele de presiune sau hidrodinamice	$H_{y1(2)} = -\int \sigma \cdot l \cdot d_{h1(2)} = -\frac{1}{r_{1(2)}} \int_{y_1}^{x_3} \sigma \cdot l \cdot y \cdot dy$
Forțele de tracțiune	$T_{1(2)} = \int_{y_1}^{y_2} \tau_{1(2)} \cdot l \cdot dy$



La grosimi foarte mici ale filmului $T_1 = T_2 = T$

$$T = -T_R + T_a,$$

unde

$$T_R = \frac{1}{2} \int_{y_1}^{y_2} h \cdot \left(\frac{d\sigma}{dy}\right) \cdot dy = \mu_R \cdot Q -$$

forța de tracțiune de rostogolire iar μ_R = coeficientul de frecare de rostogolire.

$$T_a = \int_{y_1}^{y_2} \eta \frac{u_1 - u_2}{h} \cdot dy = \mu \cdot Q -$$

forța de tracțiune de alunecare, iar μ — coeficientul de tracțiune (de frecare de alunecare)

integrarea tensiunilor de forfecare din film pe lungimea zonei încărcate. La rostogolire pură, ca și pentru un raport mic rostogolire-alunecare (sub 0,03), comportarea lubrifiantului în contact este newtoniană, tensiunile de forfecare din film depinzînd de vîscozitatea acestuia și de gradienții de viteză, conform relației clasice :

$$\tau = \eta \frac{\partial u}{\partial z} \qquad (2)$$

Pentru acest caz, pornind de la stabilirea legilor de repartiție a presiunii și a tensiunilor de forfecare din film și admițînd unele ipoteze simplificatoare, au dat soluții Dowson și Higginson [1], Goksem și Hargreaves [3], Gohar [4] etc.

În anumite condiții de presiune (înaltă) temperatură și viteză de rostogolire (de regulă mare), care se pot preciza numai pe baza cunoașterii corespunzătoare a calității și caracteristicilor fiecărui lubrifiant utilizat, comportarea acestuia poate deveni reologică, observîndu-se

o tendință de tranziție de la starea lichidă la starea solidă, cu alte proprietăți. În cazul general, al unui fluid vîsco-elastic cu comportare reologică, tensiunile de forfecare se pot determina integrînd relația Johnson-Tevaarwerk [7, 9] :

$$\dot{\gamma} = \frac{\partial u}{\partial n} = \frac{1}{G} \cdot \frac{d\tau}{dt} + \frac{\tau_0}{\eta} \cdot \mathrm{sh}\left(\frac{\tau}{\tau_0}\right) \qquad (3)$$

în care :

G este modulul de elasticitate transversal al sistemului (contact geometric + filmul de lubrifiant);

η vîscozitatea dependentă de presiune și temperatură;

τ_0 o tensiune tangențială definită de Johnson și Tevaarwerk, ce depinde de presiunea hertziană maximă σ_{max} și de temperatura ambiantă și este considerată constantă pe contact;

t — timpul de trecere prin contact al lubrifiantului.

Teoretic se definește și un coeficient de frecare local care în fiecare punct al zonei de contact este raportul :

$$\mu = \frac{\tau}{\sigma}$$

Studiile experimentale permit însă numai obținerea coeficientului de frecare mediu (relația 1), a cărui concordanță cu media valorilor calculate poate confirma valabilitatea modelului teoretic stabilit.

Concluzii

a. Rezistența la rostogolire este un fenomen complex, implicînd mai multe surse de pierderi (histerezis elastic, deformații la rostogolire, alunecări și microalunecări pe suprafețele de contact), cu acțiune simultană, atît în cazul contactelor uscate, cît și în cel al contactelor EHD.

b. Separarea pe cale experimentală a factorilor ce generează pierderi prin frecare la rostogolire este extrem de dificilă (practic imposibilă), iar măsurarea acestor pierderi cere precauții deosebite dată fiind valoarea lor foarte mică.

c. În studiul contactelor EHD, stabilirea naturii comportării lubrifiantului (newtoniană sau nenewtoniană) necesită cunoașterea mai complexă a caracteristicilor lubrifianților utilizați, la diferite condiții de temperatură, presiune și viteză.

d. Rezolvările teoretice necesită încă îmbunătățiri și precizări; ele corespund unor cazuri particulare de contacte și soluțiile matematice se bazează pe acceptarea unor ipoteze simplificatoare. Totuși s-au înregistrat progrese importante în direcția modelării matematice a fenomenului, de care se preocupă în continuare un număr însemnat de cercetători.

e. Pentru organe de mașini complexe (în particular, la rulmenți), se recurge la stabilirea unui coeficient de frecare global, cu valori obținute experimental, sau calculate cu relații empirice, în raport cu tipul rulmentului și condițiile de lucru.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Dawson, D., Higginson, G.R.* : „Elasto-Hydrodynamic Lubrication" — Pergamon Press Oxford/London/Edinburgh/New York, 1966 Edition, 1977.

[2] *Gafițanu, M.D. ș.a.* : „Rulmenți" Vol. I și II, Editura Tehnică, București, 1985.

[3] *Goksem, P.C., Hargreaves, R.A.* : „The Effect of Viscous Shear Heathing on Both Film Thickness and Rolling Traction in an EHL Line Contact". Part I: „Fully Floaded Conditions"; Part II : „Starved Conditions" — Trans. of. the ASME Jour. of Lub. Tech. — Vol. 100, Jully 1978.

[4] *Gohar, R.* : „Oil Film Thickness and Rolling Friction in Elastohydrodynamic Point Contact" — Trans. of. the ASME, Jour of Lub. Tech., Jully, 1971.

[5] *Harris, T.A.* : „Rolling Bearing Analysis" Second Edition John Wiley et Sons. Inc, New-York/Chichester/Brisbane/Toronto/Singapore, 1984.

[6] *Henning, E.* : „Untersuchungen zum Rollwidergehärteter Stahl-Stahl- Paarungen". Dissertation. Insitut für Maschinen-elemente und Fördertechnik der Technischen Hochschule Braunschweig, 1967.

[7] *Houpert, L., Leenders, P.* : „A Theoretical and Experimental Investigation into Rolling Bearing Friction" — Eurotrib 83.

[8] *Pavelescu, D.* : „Tribotehnica", Editura Tehnică, București, 1983.

[9] *Popinceanu, N. ș.a.* : „Probleme fundamentale ale contactului cu rostogolire", Editura Tehnică, București, 1985.

[10] *Rothbart, H.A.* : „Mechanical Design and Systems Handbook", Mc. Graw-Hill Company, New York/London, 1964.

CZ : 621.89

Posibilități de punere în evidență a peliculei de lubrifiant la angrenaje

Ș. l. ing. Adrian **POPOVICI**, ș. l. dr. ing. Barbu **DRĂGAN**, prof. dr. doc. ing. Nicolae **POPINCEANU** – Institutul Politehnic Iași

Un rol important în protejarea suprafețelor împotriva uzurii și în mărirea durabilității organelor de mașini îl are lubrifiantul [1, 2, 3], care printr-o peliculă de grosime mică, de ordinul micronilor, înlătură total sau parțial contactele metalice.

Dintre numeroasele încercări teoretice care caută să stabilească o relație analitică pentru calculul grosimii peliculei, se menționează lucrările lui Dawson, pentru contacte cu rostogolire, și ale lui Drozdov, pentru contacte cu rostogolire și alunecare. În lucrările [4, 5] se prezintă

relațiile care au o utilizare mai răspîndită și care se pot folosi cu suficientă precizie la angrenaje. Se remarcă faptul că aceste relații sînt obținute din ecuațiile integro-diferențiale ale lubrificației, pentru anumite situații concrete. Obținerea unor soluții general valabile nu este, încă, posibilă datorită posibilităților limitate de calcul [6] și a comportărilor diferite ale materialelor, inclusiv a lubrifiantului, sub sarcină variabilă.

În aceste condiții se simte nevoia de a se verifica, pe cale experimentală, dacă aceste relații sînt valabile și pentru alte cazuri mai complexe, cum ar fi : rulmenți, came și angrenaje. În [1, 4] se prezintă un scurt istoric al încercărilor experimentale de a pune în evidență și de a măsura grosimea peliculei de lubrifiant, folosind diverse tehnici : raze X, raze gama, difracția fasciculelor de laser, interferometrie optică, rezistență electrică și capacitatea peliculei. Aceste metode s-au aplicat cu precădere la role și lagăre și mai puțin la angrenaje.

Datorită simplității metodei și a unei sensibilități foarte bune, la grosimi mici de peliculă, metoda capacitivă tinde să fie utilizată din ce în ce mai mult. Astfel, în [7, 8, 9] se prezintă unele rezultate obținute pe lagăre și role și principiul de măsurare, iar în [10] se prezintă rezultatele obținute pe angrenaje.

Autorii încearcă să stabilească un lanț de punere în evidență și măsurare a grosimii peliculei la angrenaje. În acest sens, s-a reușit să se pună în evidență forma peliculei de lubrifiant, în lungul liniei de angrenare (fig. 1), cu un generator de semnal adoptat după [8] un analizor Brüel & Kjaer și un înregistrator X—Y. Una din înregistrările făcute s-a obținut pe un angrenaj cu următoarele caracterstici : $a = 120$ mm, $m = 2$ mm, $i = 1{,}4489$, $n = 960$ rot/min, ulei T 140 neaditivat la temperatura de 50°C.

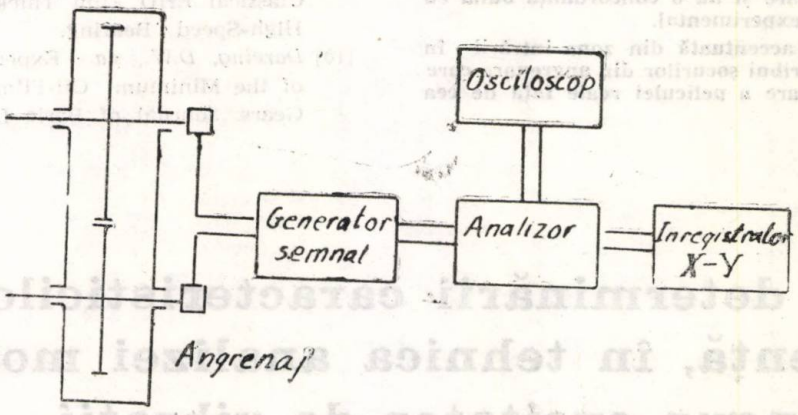


Fig. 1

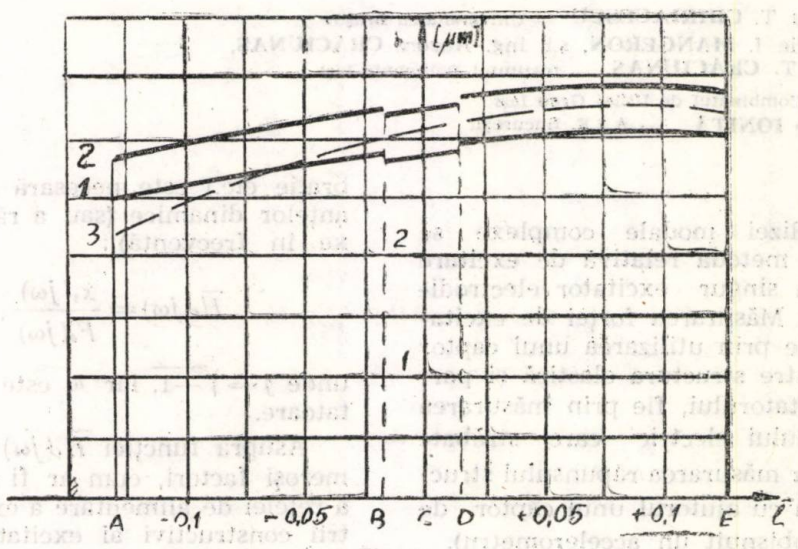


Fig. 2

Dacă indicațiile s-ar converti în capacitate, pe baza elementeior teoretice din [4, 9] se poate calcula, indirect, grosimea peliculei de lubrifiant cu relația :

$$h = (\varepsilon/3{,}6)^2\, 2\, R/C^2$$

unde :

h — grosimea peliculei pe linia centrelor ;
ε — constanta dielectrică la ulei mineral;
R — raza de curbură echivalentă în [cm];
C — capacitatea peliculei în [pF].

În figura 2 se prezintă variația grosimii peliculei de lubrifiant, calculată cu relația lui Dawson (1) și relația Sirobokov-Drozdov (2), comparativ cu variația peliculei obținută experimental (3).

Analizîndu-se forma acestor curbe și ținîndu-se cont de rezultatele încercărilor pe angrenaje din OLC 45 îmbunătățit, folosindu-se uleiurile T 140, TIN 125 și T 90 EP, se pot desprinde cîteva **concluzii** :

1. metoda capacitivă poate da informații bune asupra tipului de ungere la angrenaje ;

2. relațiile lui Dawson și Sirobokov-Drozdov dau grosimi de peliculă apropiate ca valoare atît în pol cît și pe linia de angrenare și au o concordanță bună cu pelicula determinată experimental.

3. diferența mai accentuată din zona intrării în angrenare se poate atribui șocurilor din angrenare care au ca efect o micșorare a peliculei reale față de cea teoretică.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Popînceanu, N., ș.a.* : Probleme fundamentale ale contactului cu rostogolire, E.T. București, 1985.

[2] *Constantinescu, V.N., ș.a.* : Lagăre cu alunecare, E.T. București, 1980.

[3] *Gafițanu, M., ș.a.* : Organe de mașini, vol. I.E.T. București, 1981.

[4] *Dawson, D., ș.a.* : Elasto-hidrodynamic lubrication Pergamon Press, Oxford-Braunschweig, 1966.

[5] *Puchkov, V.N., ș.a.* : Antiscuffing Resistance of Rubbing Surfaces, Eurotrib, 81.

[6] *Kuroda, S., ș.a.* : Elastohydrodynamic Lubrification between Two Rollers (Finit Width Analysis), JSME, vol. 28, No 241, July, 1985.

[7] *Sergovski, V.P., ș.a.* : Emcostnii metod izmerehia tolșinî smazocinogo sloia. Mehanica mașin, Mențniereba, 1979.

[8] *Hashimoto, S.* : Experimental Studies of the Lubricating Oil Film between Two Rolling Rollers, JSME vol. 6, No. 22, 1963.

[9] *Coy, J.J., ș.a.* : Some Limitations in Applying Classical EHD Film Thicknes Formulas to a High-Speed Bearing.

[10] *Dareing, D.W., ș.a.* : Experimental Investigation of the Minimum Oil-Film Thickness in Spur Gears. Journal of Basic Engineering, 1963.

CZ : 534.63

Precizia determinării caracteristicilor în frecvență, în tehnica analizei modale cu un singur excitator de vibrații

Conf. dr. ing. Sergiu T. **CHIRIACESCU** — Universitatea Brașov
Prof. dr. ing. Dimitrie I. **MANGERON**, ș.l. ing. Aurora **CRĂCIUNAȘ**,
conf. dr. ing. Petru T. **CRĂCIUNAȘ** — Institutul Politehnic Iași
Ing. Ioan **LARCO** — Combinatul de Utilaj Greu Iași
Conf. dr. ing. Nicolae **IONIȚĂ** — A.S.E. București

Introducere

În tehnica analizei modale complexe se folosește frecvent metoda relativă de excitare a structurii cu un singur excitator electrodinamic de vibrații. Măsurarea forței de excitație este posibilă fie prin utilizarea unui captor de forță, plasat între structura elastică și partea mobilă a excitatorului, fie prin măsurarea intensității curentului electric care străbate bobina de forță, iar măsurarea răpunsului structurii este realizată cu ajutorul unui captor de vibrații (în mod obișnuit un accelerometru).

Notînd cu x_i deplasarea structurii liniare n-dimensionale într-un punct i, iar cu F_e forța de excitație, pentru soluționarea diverselor probleme care apar în analiza modală complexă (determinarea parametrilor dinamici ai structurii, precizarea formelor proprii de vibrație etc.) este necesară cunoașterea complianțelor dinamice (sau a răspunsurilor complexe în frecvență) :

$$\overline{H}_{ie}(j\omega) = \frac{x_i(j\omega)}{F_e(j\omega)}, \quad i = \overline{1, n}, \tag{1}$$

unde $j = \sqrt{-1}$, iar ω este pulsația forței excitatoare.

Asupra funcției $\overline{H}_{ie}(j\omega)$ influențează numeroși factori, cum ar fi : tensiunea electrică a rețelei de alimentare a excitatorului, parametrii constructivi ai excitatorului și captorului de forță, modul de „instalare" a excitatorului. Datorită acestora, funcțiile $\overline{H}_{ie}(j\omega)$ pot diferi sensibil de elementele matricei de transfer a structurii elastice testate.

Folosind unele modele dinamice particulare, în lucrările [3, 4] și [6] este analizată influența parametrilor dinamici echivalenți ai dinamo-

metrului elastic folosit pentru măsurarea forței de excitație, iar în lucrarea [9] este evidențiată influența modului de atașare a excitatorului asupra răspunsului dinamic al structurii. În cele ce urmează se prezintă un model matematic general al excitării prin metoda relativă și sînt stabilite expresiile generale ale funcțiilor de tipul (1). Aceste funcții au formele :

$$\overline{H}_i(j\omega) = \lambda(j\omega)\, H_i(j\omega), \tag{2}$$

în care $H_i(j\omega)$ reprezintă complianțele dinamice adevărate ale structurii, iar $\lambda(j\omega)$ este funcția care ține seama de influența factorilor amintiți mai sus.

Modelul dinamic al excitării prin metoda relativă

În figura 1, a este prezentată schema de principiu a excitării structurii elastice prin metoda relativă, unde s-a notat :

1 — structura elastică;
2 — captorul de forță ;
3 — tija excitatorului (solidarizată cu partea mobilă a acestuia) ;
4 — excitatorul electrodinamic de vibrații ;
5 — suspensia elastică a excitatorului.

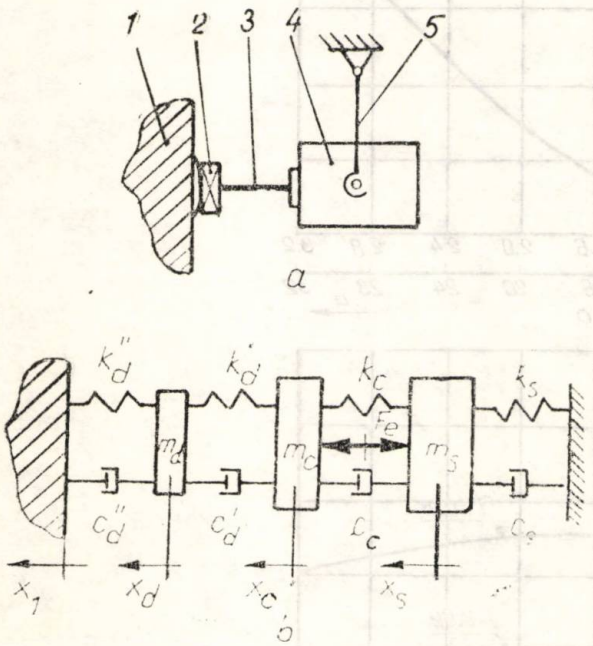


Fig. 1

Notînd cu **s** partea fixă a excitatorului (corpul), cu **c** partea mobilă a acestuia și cu **d** captorul de forță, în figura 1, b este prezentat modelul dinamic aferent schemei de excitare din figura 1, a.

Cu notațiile din figura 1, b, ecuațiile care descriu mișcările maselor reduse m_s, m_c și m_d în raport cu centrele lor de oscilație sînt :

$$m_s\ddot{x}_s = -F_e - c_s\dot{x}_s - k_s x_s - c_e(\dot{x}_s - \dot{x}_c) - k_e(x_s - x_c), \tag{3}$$

$$m_c\ddot{x}_c = F_e - c_e(\dot{x}_c - \dot{x}_s) - k_e(x_c - x_s) - c_d'(\dot{x}_d - \dot{x}_c) - k_d'(x_d - x_c), \tag{4}$$

(5)

$$m_d\ddot{x}_d = -F_s - c_d'(\dot{x}_d - \dot{x}_c) - k_d'(x_d - x_c),$$

$$F_s = c_d''(\dot{x}_d - \dot{x}_1) + k_d''(x_d - x_1), \tag{6}$$

unde prin „ . “ s-a notat operația de derivare în raport cu timpul.

În cazul general, comportarea dinamică a strucurii excitate este descrisă de ecuația :

$$M\ddot{x} + C\dot{x} + Kx = F, \tag{7}$$

în care :

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ x_n \end{bmatrix}, \quad F = \begin{bmatrix} F_s \\ 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ 0 \end{bmatrix}, \tag{8}$$

iar M, C și K sînt matrice de tipul (n, n).

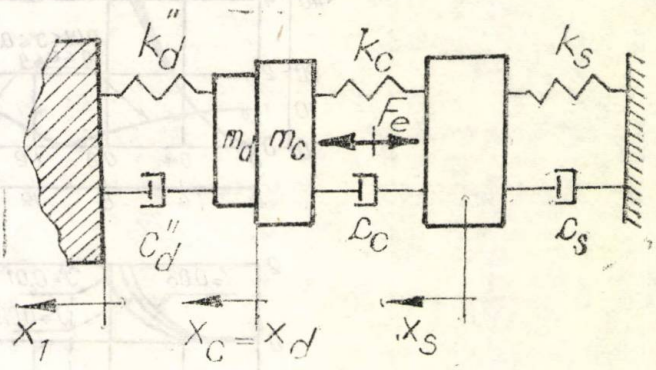


Fig. 2

Dinamica excitatorului electrodinamic de vibrații este guvernată de ecuațiile [2, 10] :

$$L\frac{dI}{dt} + BNl\left(\frac{dx_e}{dt} - \frac{dx_s}{dt}\right) + RI = U, \tag{9}$$

$$L \cong \frac{\mu_0}{\pi} N^2 x_{oc} \ln \frac{r_e}{r_i}, \tag{10}$$

în care :

I este intensitatea curentului electric care străbate bobina excitatorului;
U tensiunea sursei de alimentare;
L inductanța bobinei;

N numărul de spire ale acesteia ;
r_e raza exterioară a acesteia ;
r_i raza ei interioară ;
x_{oc} amplitudinea deplasării x_c ;
μ_0 permeabilitatea (magnetică) absolută.

Funcțiile generale de transfer

Cu notația $p = d/dt$ ecuațiile (7) și (8) dau:

$$x = H(p)F = \begin{bmatrix} H_{11}(p) \dots H_{1n}(p) \\ \dots\dots\dots\dots \\ H_{n1}(p) \dots H_{nn}(p) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} F_s \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix},$$

unde

$$H(p) = [p^2 M + pC + K]^{-1} \qquad (12)$$

Presupunînd cunoscută matricea de transfer $H(p)$ a structurii, din (8) și (11) rezultă :

$$x_i = H_{i1}(p) F_s, \quad i = \overline{1, n} \qquad (13)$$

Luînd în considerare ecuațiile (5) și (13), este posibil să se găsească dependența dintre deplasarea x_d a captorului de forță și x_1 :

$$x_1 = H_d(p)\, x_d, \qquad (14)$$

unde :

$$H_d(p) = \frac{(pc''_d + k''_d) H_{11}(p)}{1 + (pc''_d + k''_d) H_{11}(p)} \qquad (15)$$

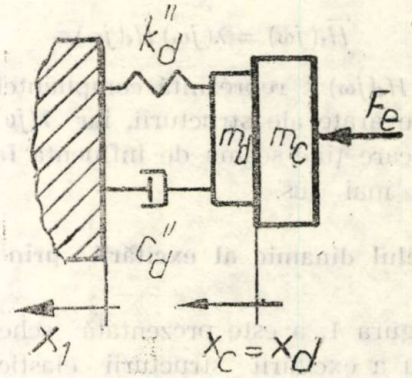


Fig. 3

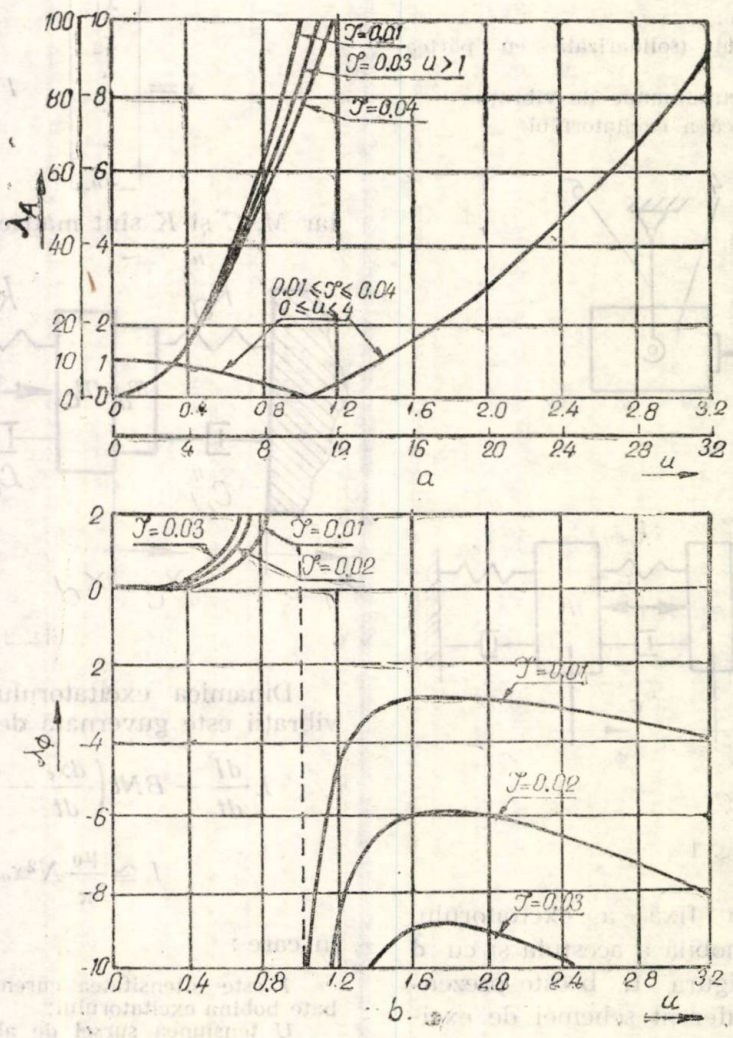


Fig. 4

Ținînd seama de relația (14) și folosind notația $p=d/dt$ ecuațiile (3), (4) și (5) se pot pune în forma matriceală :

$$W(p)\begin{bmatrix} x_s \\ x_c \\ x_d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -F_e \\ F_e \\ 0 \end{bmatrix}, \qquad (15)$$

unde :

$$W(p) = \begin{bmatrix} m_s p^2 + (c_c + c_s)p + k_c + k_s & -(pc_c + k_c) & 0 \\ -(pc_c + k_c) & m_c p^2 + (c_c + c'_d)p + k_c + k_d & -(pc'_d + k'_d) \\ 0 & -(pc'_d + k'_d) & m_d p^2 + (c'_d + c''_d) + k'_d + k''_d - H_d(p) \end{bmatrix} \qquad (17)$$

Cunoscînd elementele matricei inverse :

$$W(p)^{-1} = \begin{bmatrix} W_{11}(p) & W_{12}(p) & W_{13}(p) \\ W_{21}(p) & W_{22}(p) & W_{23}(p) \\ W_{31}(p) & W_{32}(p) & W_{33}(p) \end{bmatrix} \qquad (18)$$

din ecuațiile (6), (14), (15) și (16) se obține dependența dintre forța F_s care solicită structura și forța de excitație F_e :

$$F_s = \frac{H_d(p)}{H_{11}(p)}[W_{32}(p) - W_{31}(p)]F_e \qquad (19)$$

În acest caz deplasarea x_i dată de (13) devine :

$$x_i = H_{i1}(p)\frac{H_d(p)}{H_{11}(p)}[W_{32}(p) - W_{31}(p)]F_e, \qquad (20)$$

$$i = \overline{1, n}$$

Pentru $p = j\omega$ ($j = \sqrt{-1}$, $\omega \in R$) relațiile (20) permit a calcula funcțiile de transfer în frecvență :

$$\overline{H_i}(j\omega) = \frac{x_i(j\omega)}{F_e(j\omega)} = \lambda(j\omega)H_{i1}(j\omega), \quad i = \overline{1, n}, \qquad (21)$$

în care :

$$\lambda(j\omega) = \frac{H_d(j\omega)}{H_{11}(j\omega)}[W_{32}(j\omega) - W_{31}(j\omega)] \qquad (22)$$

este funcția de corecție.

Funcția $\lambda(j\omega)$ permite a evalua influența factorilor amintiți în introducerea asupra funcțiilor de transfer $H_{i1}(j\omega)$ ale structurii elastice.

Dacă, în primă aproximație, în relația (10) se consideră $x_{0c} = \text{const.}$, atunci, ținînd seama de (16) ÷ (18), ecuația (9) devine :

$$(pL + R)\,I + BNl\,p\,[W_{11}(p) + W_{22}(p) - W_{12}(p) - W_{21}(p)]\,F_e = U \qquad (23)$$

Atunci cînd forța de excitație este măsurată prin intermediul curentului I, pentru [1, 2]

$$F_e = BlI \qquad (24)$$

ecuația (22) dă :

$$I = \frac{U}{R + p\{L + B^2l^2N\,[W_{11}(p) + W_{22}(p) - W_{12}(p) - W_{21}(p)]\}} \qquad (25)$$

Relația la care s-a ajuns permite a analiza influențele diverșilor factori (tensiunea de alimentare U, parametrii dinamici ai instalării excitatorului etc.) asupra curentului I măsurat, deci asupra forței F_e dată de excitator.

Pentru $p = j\omega$ din (25) rezultă funcția de transfer a excitatorului :

$$\frac{I(j\omega)}{U(j\omega)} = \frac{1}{R + j\omega\{L + B^2l^2N[W_{11}(j\omega) + W_{22}(j\omega) - W_{12}(j\omega) - W_{21}(j\omega)]\}} \qquad (26)$$

Cazul general al modelului dinamic din figura 1, b a condus la relațiile (21), (24) și (25), care sînt destul de greu de utilizat în aplicațiile curente. Din acest motiv, utilitatea lor trebuie privită mai ales prin prisma unor cazuri particulare de genul celor prezentate în continuare.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Broch, J.T.* : Mechanical Vibration and Shock Measurements. Brüjel and Kjaer, Denmark, 1980.

[2] *Buzdugan, Gh. Mihăilescu, E., Radeș, M.* : Măsurarea vibrațiilor mecanice. Editura Acad. R.S. România, București, 1979.

[3] *Chiriacescu, S.T.* : Influence of Strain Gauge Dynamometer on the Frequency Response Plots of the Machine Tool Structures. Bul. Inst. Politehnic Brașov, A, XIII, 399—406 (1971).

[4] *Chiriacescu, S.T., Mangeron, D.* : Dynamic Characteristics of Dynamometer in the Modal Analysis Technique with Single Vibration Exciter. Proceedings of „IV th National Symposium on Stress Analysis", IV, 259—264, Brașov, 1986.

[5] *Gligoric, B., Radosavljenic, M.* : Elektromagnetski diferencijalni pobudivac vibracija sa elektronskim upravljanjem. Strojarstvo, 25, 43—47 (1983).

[6] *Kegg, R.L.*: Cutting Dynamics in Machine-Tool Chatter. Contribution to Machine Tool Chatter. Research-3. Trans. ASME, B, 84, 4, 464—472 (1966).
[7] *Mirski, F.*: Dynamique de la Machine-Outil. Mesure des Efforts Dynamiques. La Machine-Outil Française, 260, 117—120 (1970); 261, 149—153 (1970).
[8] *Mirski, F.*: Dynamique de la Machine-Outil. Excitateurs Électromagnétiques la Machine-Outil Française, 263, 270—277 (1970); 264, 210—215 (1970).
[9] *Radeș, M.*: Efectul atașării vibratorului asupra răspunsului dinamic al structurilor. Bul. Inst. Politehnic București, (1986).
[10] *Shukialis, A.-Ch. V.*: Elektromagnitnye generatory mekhanicheskikh kolebaniy. Mashinostroenie, Leningrad, 1985.
[11] *Zaveri, K.*: Modal Analysis of Large Structures Bruel and Kjaer, Denmark, November, 1984.
[12] x x x: Proceedings of the „7^0 International Seminar on Modal Analysis". K.U. Leuven, Belgium, 15—17 September, 1982.
[13] x x x: Vibratsii v tekhnike. Tom 5. (Pod Red. M.D. Genkina). Mashinostroenie, Moskva, 1981.

CZ : 621.783

Direcții de cercetare privind optimizarea tehnologiilor și instalațiilor de încălzire pentru deformare plastică și tratamente termice

Dr. ing. Adrian **DIMA**, dr. ing. Gheorghe **COMAN**, ing. Viorel **GRANCEA**, ing. Mihai **ȘTEFAN** – Institutul Politehnic Iași
Ing. Ioan **LARCO** – Combinatul de Utilaj Greu Iași

Deoarece în ultimii ani se pune problema obținerii reperelor în condiții energetice minime, mai ales în secțiile de prelucrări la cald, problema optimizării cuptoarelor de încălzire devine un obiectiv prioritar de cercetare.

Cuptoarele industriale de încălzire reprezintă agregatul termic complex, mare consumator de energie, care realizează „caldul" la parametrii optimi de utilizare. În acest context rezultă că importante reduceri de consum energetic se pot realiza prin utilizarea eficientă a cuptoarelor de încălzire, prin respectarea cu strictețe a disciplinei tehnologice.

Este cunoscut de specialiștii din sectoarele calde că importante reduceri energetice se pot realiza prin :

— respectarea riguroasă a parametrilor de lucru ;

— încărcarea la capacitatea nominală a tuturor utilajelor ;

— urmărirea zilnică a consumurilor normate de energie și combustibil.

Principalele pîrghii de acțiune, pentru reducerea consumului energetic la cuptoarele de încălzire, după părerea noastră, se grupează în două mari grupe, și anume :

— calculul analitic al regimurilor termice de încălzire a semifabricatelor, calcul realizat pentru fiecare marcă de oțel, pentru fiecare mărime și formă constructivă de semifabricat, pentru tipul de cuptor în care se realizează „caldul" și pentru fiecare tip de proces tehnologic la cald la care va fi supus ulterior semifabricatul încălzit ;

— utilizarea și însușirea corespunzătoare a unei funcționări optime a cuptorului și utilajelor anexe ale acestuia, în vederea realizării unui anumit ciclu termic de încălzire, în funcție de numărul de semifabricate, de mărimea acestora și de temperatura prescrisă, grup de operații cunoscut în literatura de specialitate sub denumirea generală „to know how" (a ști cum) (fig. 1).

Obținerea de economii energetice importante în exploatarea cuptoarelor, conform metodologiei de tip „to know how" concepute, se bazează pe trei direcții principale și anume :

— „frow what" (din ce) ;

— „with what" (cu ce) ;

— „for what" (pentru ce).

În esență, această metodologie, pentru un proces tehnologic de fabricație, constă din a alege materialul optim pentru obținerea de repere cu caracteristici fizico-mecanice dorite, de a avea „cu ce" realiza tehnologia optimă de fabricație și („pentru ce") de a fi utilizate în mod eficient în componența anumitor ansamble.

Privind numai exploatarea cuptoarelor de încălzire, metodologia concepută reliefează încărcarea optimă a cuptoarelor cu semifabricate („din ce"), adoptarea tipului de cuptor ce

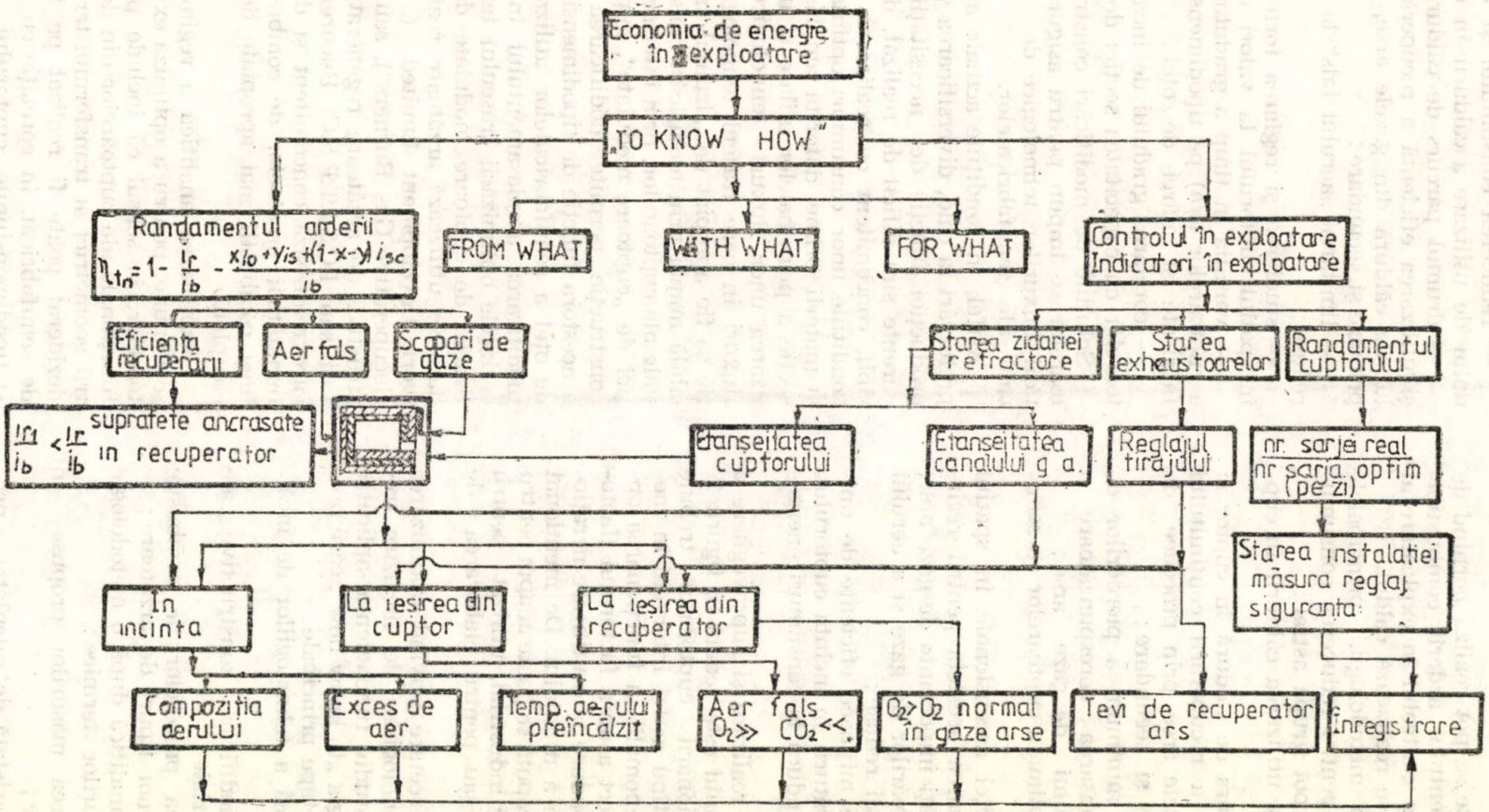


Fig. 1 Reprezentarea grafică a metodologiei „to know how" concepute pentru studiul în exploatare a cuptoarelor.

poate realiza caldul ca productivitatea dorită („cu ce"), cuptor ce permite obținerea ciclului termic optim la productivitatea dorită („pentru ce").

Aceste deziderate se pot realiza pornind de la analiza randamentului arderii combustibilului utilizat și prin controlul în exploatare al cuptorului în care se realizează caldul.

Conform acestei metodologii, principalele direcții de acțiune pentru reducerea consumurilor energetice se pot grupa astfel :

— producerea și utilizarea căldurii în cuptor ;

— drumul parcurs de căldură în cuptor și utilizarea eficientă a recuperării conținutului de căldură din gazele arse, prin procedee de recuperare primare și secundare ;

— limitarea la minimum a pierderilor de căldură, prin etanșarea corespunzătoare a cuptorului și traseului de gaze arse ;

— încărcarea optimă a cuptoarelor cu semifabricate ;

— studierea forței ascensionale în spațiul cuptorului și utilizarea acesteia pentru recircularea unei cantități importante de gaze arse;

— limitarea scăpărilor de gaze și a aerului fals la valori cît mai reduse ;

— utilizarea de mijloace eficiente de uniformizare a temperaturii în incinta cuptorului, mijloace care să conducă la consumuri energetice minime.

Metodologia de realizare și supraveghere a funcționării cuptorului este redată în figura 1.

Studierea funcționării cuptorului trebuie făcută periodic, putînd astfel interveni în momentul cînd apar anomalii în funcționarea optimă a acestuia direct asupra factorului (factorilor), ceea ce ar conduce la o utilizare nerațională în exploatare a utilajului. De menționat că metodologia concepută se poate adapta pentru orice tip de cuptor industrial, utilizat pentru prelucrări la cald sau pentru elaborarea de aliaje.

Direcțiile de cercetare privind optimizarea instalațiilor și tehnologiilor de încălzire trebuie axate pe un studiu fundamental-aplicativ bazat pe metodologia „to know how", care prezintă următoarele etape principale :

— analiza critică a tehnologiilor de încălzire utilizate ;

— soluții de modificări constructive ale cuptoarelor industriale ;

— îmbunătățirea proceselor de combustie prin utilizarea de noi tipuri de arzătoare ;

— proiectarea analitică după o metodologie originală a regimurilor termice ;

— experimentarea măsurilor propuse în condiții industriale ;

— optimizarea asistată de calculator a problematicii temei.

Conform metodologiei de cercetare propuse, analiza în exploatare trebuie să reliefeze principalele posibilități de îmbunătățire a tehnologiilor privind :

— gradul de încălzire a cuptorului ;

— reducerea consumului și creșterea gradului de utilizare a căldurii în cuptor ;

— drumul parcurs de căldură prin cuptor și utilizarea eficientă a recuperării conținutului de căldură din gazele arse, prin procedee primare și secundare ;

— limitarea „aerului fals" la valori cît mai reduse ;

— studierea și reglarea forței ascensionale în spațiul cuptorului la valori optime ;

— variația în timp a gradului de încărcare a cuptoarelor (t/h) pe tipodimensiuni de semifabricate și mărci de oțel ;

— corelarea gradului de încărcare a cuptoarelor cu capacitatea secției de prelucrare.

Soluțiile de modificări constructive a cuptoarelor se impun pentru asigurarea flexibilității fluxurilor tehnologice de prelucrări la cald ale semifabricatelor.

Astfel, în condițiile actuale ale secțiilor de prelucrări la cald, diversificarea și elasticizarea producției funcție de necesitățile economice curente sînt dificil de realizat, dacă nu imposibil, concomitent cu realizarea producției, în condițiile unor consumuri optimale de energie și materii prime, datorită amplasării rigide în secție a principalelor utilaje și instalații. Realizarea unor fluxuri tehnologice optimizate, fluxuri în care traseul tehnologic de fabricație să fie apropiat de „drumul critic", este posibilă numai prin modificări constructive esențiale ale cuptoarelor, prin intermediul construcției de „cuptoare modulate", cuptoare a căror construcție permite modificarea dimensională a acestora funcție de tipodimensiunea și marca de oțel a semifabricatelor utilizate, precum și modificarea amplasamentului în funcție de cerințele optimizării traseului tehnologic. Realizarea de cuptoare modulate devine posibilă dacă se utilizează arzătoare realizate de Hotwork Development Limited („Hotvork HRB Recuperative Gas Burners"), sau soluțiile constructive de arzătoare regenerative de C.U.G. Iași sau I.C.S.I.T.P.S.C. București, arzătoare care realizează concomitent și dezideratul îmbunătățirii proceselor de combustie, în sensul unei combustii mai apropiate de o combustie completă.

Proiectarea analitică a regimurilor termice se impune, pentru a optimiza exploatarea cuptoarelor, în sensul că include particularitățile funcționale ale cuptoarelor din dotare, parametrii geometrici ai transferului termic etc. Acest deziderat poate fi realizat pe tipodimensiuni de semifabricat, în corelație cu marca de oțel și tipodimensiunile cuptorului.

Optimizarea asistată de calculator a problematicii temei este posibilă, prin realizarea schemei logice a modelului de calcul analitic

al procesului de încălzire din cuptor, după care se întocmesc programe în limbaj BASIC (aplicabile pe TIM-S) diagrame optimizate cu consum energetic minim, pentru tipodimensiunile de lingouri și mărci de oțel.

Pentru programarea ciclurilor termice de încălzire, cerința modernizării proceselor de producție, sînt necesare seturi de date de intrare și anume :

— dimensiunile camerei de lucru a cuptorului ;

— numărul de lingouri din încărcătură ;

— compoziția chimică a materialului supus procesului de calcul ;

— dimensiunile lingourilor ;

— diferența de temperatură admisibilă finală, între centrul semifabricatului și suprafața lui exterioară ;

— temperatura la suprafața semifabricatului la sfîrșitul procesului de încălzire ;

— ecuația de variație a conductivității termice a materialului ;

— ecuația de variație a entalpiei materialului cu temperatura;

— ecuația de variație a produsului cu temperatura;

— compoziția chimică și caracteristicile de livrare ale combustibilului utilizat (presiune, debit) ;

— temperatura inițială a semifabricatului în momentul introducerii în cuptor și temperatura acestuia ;

— funcțiile de variație a criteriilor F_o, B_i, B_q, ș.a.

Toate aceste date trebuie introduse în memoria calculatorului, astfel încît acesta să le poată utiliza în cadrul programului.

Programul de calcul astfel realizat, alături de celelalte măsuri constructive și de exploatare indicate, permite inginerilor tehnologi din secțiile de forjă și tratamente termice proiectarea asistată de calculator a ciclurilor optime de încălzire, cu un consum energetic minim, de așa natură, încît să se poată reduce esențial consumul energetic conducînd astfel la dezvoltarea bazei energetice și de materii prime, la eliminarea completă a rebuturilor concomitent cu micșorarea cheltuielilor de producție și creșterea productivității muncii.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Brunklaus, S.H.* : Cuptoare industriale, Editura Tehnică, 1977.

[2] *Dima, A.* : Agregate și instalații termice în metalurgie, vol. I, I.P. Iași, 1981.

[3] *Dima, A., ș.a.* : Posibilități privind reducerea consumului de energie la cuptoarele de încălzire, Ses. de comunic. șt. FORTUS 1983, 15—16 decembrie 1983, Iași.

[4] *Tait, N. Iu* : Tehnologia nagreva stali. Metallurghizdat, Moskva, 1982.

[5] x x x : ENERG 1 — Sinteză documentară, Editura Tehnică, București 1977.

CZ : 621.783.2

Studiu privind îmbunătățirea parametrilor tehnologici și de ardere ai cuptoarelor de încălzire și tratament termic

Ing. Luliana **HERGHELEGIU** — Intreprinderea de Industrializare a Sfeclei de Zahăr — Truşeşti — Botoşani

Ing. Gheorghe **HERGHELEGIU** — Combinatul de Utilaj Greu Iași

Din analiza procesului de încălzire și tratament termic, din punct de vedere tehnologic și energetic (în procesul de prelucrări și deformări plastice-inclusiv tratament termic), se constată :

I — încălzirea neuniformă a lingourilor și energetic (în procesul de prelucrări și depentru prelucrări și tratament termic ;

II — neetanșeitatea camerei de încălzire a cuptoarelor;

III — apariția unor situații de întrerupere a procesului de încălzire ;

IV — necesitatea îmbunătățirii randamentelor cuptoarelor din punct de vedere energetic și tehnologic, adică :

— stabilitatea temperaturii în cuptoare;

— încălzirea uniformă a lingourilor și semifabricatelor ;

— oxidarea cît mai redusă a lingourilor și semifabricatelor ;

— decarburarea minimă a stratului superficial a pieselor.

I — În procesul de încălzire se cunoaște că orice corp, care nu este perfect transparent la toată gama radiațiilor posibile, emite de pe suprafața sa radiație.

Emisia energiei radiante este funcție de temperatura corpului și de suprafața acestuia, conform legii lui Boltzman (fig. 1).

În cazul nostru prin intermediul focarelor-arzătoarelor, procesul de încălzire se face prin convecție, conform legii lui Newton :

$$Q = \alpha A\ (t_s - t_m), \text{ unde :}$$

Q — cantitatea de căldură [Kcal/h];
A — aria suprafeței de schimb de căldură [m²];
t_s — temperatura suprafeței de schimb [°C];
t_m — temperatura mediului ambiant [°C];
α — coeficientul de cedare termică (determinat experimental).

Transmiterea căldurii prin convecție este determinată de modul de producere a mișcării (forțelor care o provoacă) — produse în mediul

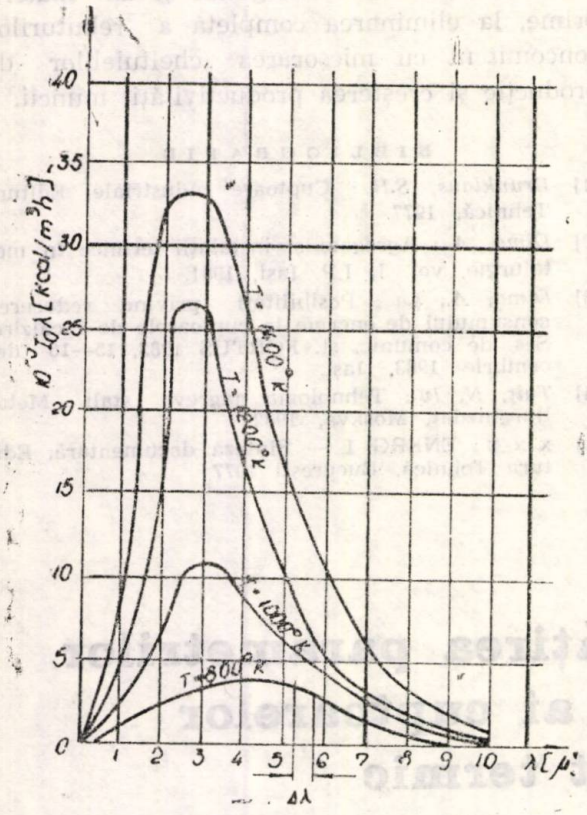


Fig. 1 Curba spectrală a radiației.

respectiv (mișcare naturală-convecție liberă) sau aplicate din mediul exterior, la care se poate adăuga o mișcare mecanică și o convecție forțată.

Transmiterea căldurii prin convecție se produce în interiorul lingoului sau semifabricatului. Al treilea proces de încălzire se face prin radiație.

Radiația este singurul fel de transmitere a căldurii (elementară) prin vid (depresiune), sub formă de unde electromagnetice, unde ce se transmit numai în linie dreaptă și care se transformă la suprafața de contact (lingou sau semifabricat) în energie termică.

Radiația unui corp este direct proporțională cu puterea a patra a temperaturii absolute :

$$q = C\left[\frac{T}{100}\right]^4, \text{ în care :}$$

q — radiația ;
C — coeficientul de radiație (specific fiecărui corp); corpul negru are $C_0 = 4{,}96$ Kcal/m².oră (°K)⁴;
T — temperatura absolută.

Energia radiantă transmisă pe suprafața corpurilor se transformă în energie ce :

— se absoarbe (q_A);
— se reflectă de pe suprafața corpului (q_B);
— se transmite prin corp (q_C).

Bilanțul termic al energiei radiante la suprafața corpului este :

$$q_0 = q_A + q_B + q_C$$

$$1 = \frac{q_A}{q_0} + \frac{q_B}{q_0} + \frac{q_C}{q_0} = A + B + C, \text{ unde :}$$

A — puterea de absorbție a corpului;
B — puterea de reflexie a corpului;
C — puterea de penetrație a corpului.

Cînd $A<1$, avem de-a face cu corpuri cenușii.

Cînd $A=1$ $B=0$; $C=0$, avem de-a face cu corpuri albe ce reflectă toată radiația.

Cînd $B=1$; $A=0$; $C=0$, avem de-a face cu corpuri albe ce relectă toată radiația.

Majoritatea corpurilor folosite în tehnică sînt opace pentru radiația termică.

Intensitatea energiei radiante emise de un corp depinde de lungimea de undă a energiei și de temperatura corpului emițător de energie radiantă (Planck) — T (°K); $\lambda(\mu)$ unde

$$C_1 = 3{,}17 \cdot 10^{-6} \text{ [Kcal m}^2\text{/h]}$$

$$C_2 = 1{,}43 \cdot 10^{-2} \text{ m [}^0\text{K]}$$

$$q_T = \frac{C_1 \cdot \lambda^{-5}}{e^{\frac{C_2}{\lambda T}}}$$

Deci cu cît temperatura la care se produce radiația este mai mare (fig. 1), respectiv temperatura de ardere a gazului la arzător, cu atît energia radiantă este mai puternică.

Cu cît palierul de forjat este mai sus (pentru uniformizarea temperaturii în întreaga masă a lingoului se face la o temperatură mai mare : 1150—1250), cu atît acțiunea energiei radiante este mai puternică, făcînd ca temperatura la suprafața de contact să crească cu 150—250°C, ceea ce înseamnă că în această porțiune temperatura suprafeței crește la 1400—1450°C.

În această situație, la nivelul suprafeței sus menționate, se produce fenomenul de supraîncălzire și chiar de topire a materialului (fig. 2).

Materialul topit curge pe vatră, apoi curge în sistemul de etanșare al vetrei, unde se răcește și blochează complet vatra.

a) — fasciculul de energie radiantă emis de arzător să fie distribuit uniform în volumul camerei de schimb de căldură ;

b) — să se micșoreze energia termică reflectată, prin mărirea energiei termice absorbite, folosind un corp intermediar special ce se numește „deflector", care va relecta uniform o

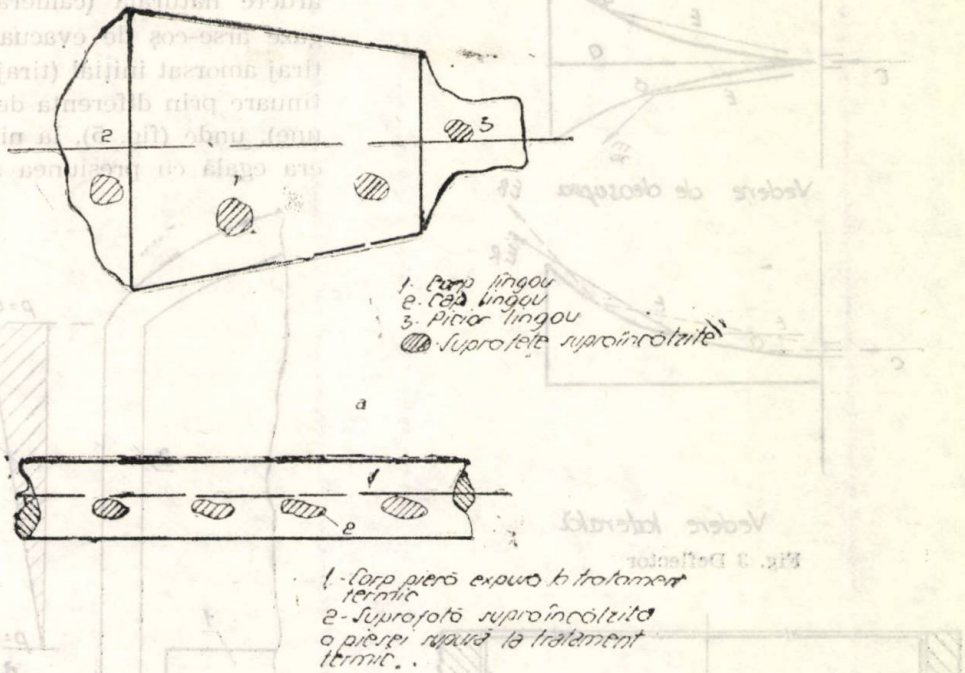


Fig. 2

Blocarea vetrei cuptorului determină luarea de măsuri (din punct de vedere al acționării mecanismului de translație a vetrei) suplimentare, privind energia mecanică necesară tragerii vetrei.

Deblocarea vetrei obligă ridicarea ușii cuptorului.

Zidăria ușii (care poate fi din beton refractar sau cărămidă refractară) este supusă unei răciri rapide (ca și zidăria cuptorului), deci unor contracții termice puternice, exfoliind straturi de material ceea ce compromite în final întreaga zidărie a cuptorului.

La tratamentul termic, supraîncălzirea parțială duce la efectuarea unui tratament termic neuniform, față de diagrama tehnologică; structura macrografică și micrografică fiind neuniformă, necorespunzătoare, în interiorul piesei apar tensiuni remanente.

Cele mai sus menționate, în procesul de folosire a pieselor care sînt supuse unor solitări statice și dinamice, pot grăbi fenomenul de oboseală, putînd face să apară accidente foarte grave, respectiv pagube nerecuperabile.

Energia radiantă, în această situație, trebuie dirijată, astfel ca :

parte din energia reflectată radiantă, iar o parte din energie o va înmagazina și o va transforma, astfel că deflectorul devine sursă de emitere a căldurii.

Cele de mai sus menționate fac obiectul invenției nr. 93056, titular Combinatul de Utilaj Greu Iași, autor ing. Herghelegiu Gh.

Aceste deflectoare au două suprafețe hiperboloide (fig. 3); pe aceste suprafețe orice undă radiantă va fi reflectată numai și numai într-o singură direcție.

Constructiv (fig. 4), zona arzătoarelor 2 trebuie să devină o zonă de transmitere și producere a căldurii, în mod uniform, astfel ca zona 1 să fie zona de schimb de căldură prin convecție și radiație-uniformă.

Astfel s-a realizat un nou tip de cuptor pentru încălzirea pieselor metalice.

În această situație, nu mai avem distrugeri parțiale ale zidăriei refractare, construcției metalice, sistemului de etanșare a vetrei, consum inutil de gaze naturale și pierderi de energie termică, reducînd scoaterea din ciclul de producție a unor suprafețe de încălzire.

La cuptoarele de tratament termic, în afară de încălzirea neuniformă a pieselor, energia radiantă emisă de arzătoare încălzește neuni-

form piesele în tratament și face ca izolația termică (fibre ceramice) să fie suprasolicitată termic, grăbindu-i îmbătrînirea și distrugînd scoabele de fixare a fibrei ceramice.

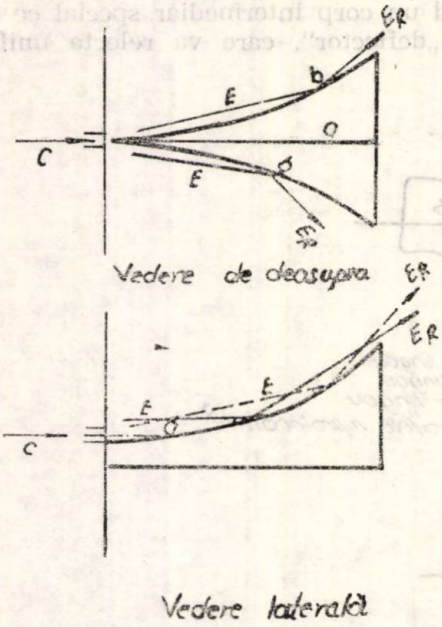


Fig. 3 Deflector

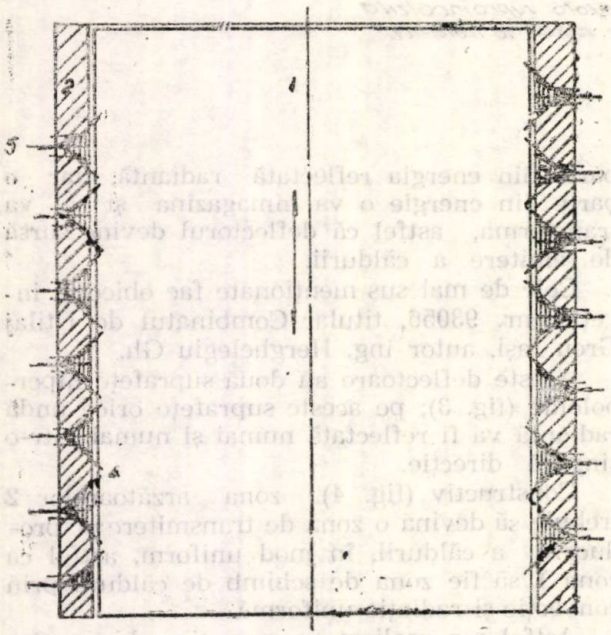


Fig. 4 Poziția arzătoarelor cu deflectoare.

1 — vatra cuptorului ; 2 — grindă de susținere a deflectoarelor ce face corp comun cu pereții laterali din material refractar ai cuptorului ; 3 — unde electromagnetice reflectate ; 5 — arzătoare.

Poziționarea deflectoarelor poate fi efectuată pe orizontală, sau oblic, funcție de cerințele constructive.

Se recomandă a se folosi în construcția acestor deflectoare; beton refractar — BR 90 și oțel refractar;

II — Problemele de etanșare a camerelor de încălzire și tratament termic, în cazul folosirii arzătoarelor regenerative, solicită o adaptare corespunzătoare pentru o eficiență energetică și tehnologică impusă.

Construcția inițială a cuptoareolr se baza pe arzătoare tip TRICEM, unde se realiza o ardere naturală (camera de ardere-canale de gaze arse-coș de evacuare a gazelor arse), cu tiraj amorsat inițial (tiraj ce se menține în continuare prin diferența de temperatură și presiune), unde (fig. 5), la nivelul vetrei, presiunea era egală cu presiunea atmosferică.

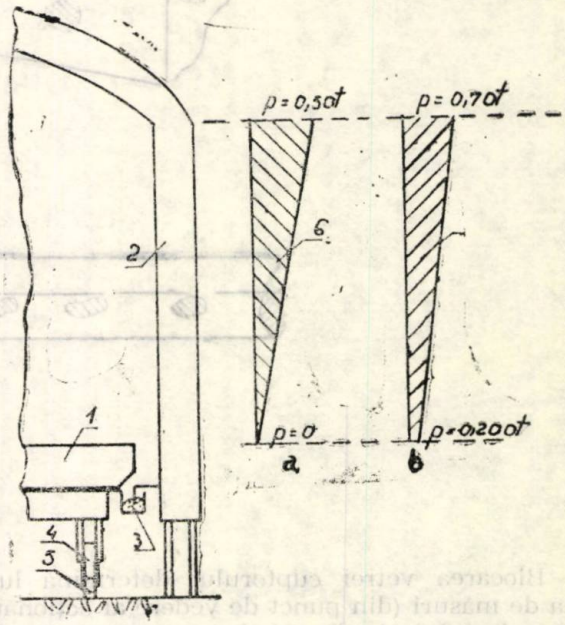


Fig. 5

1 — vatra cuptorului (zidărie refractară) ; 2 — pereții cuptorului (construcție metalică, zidărie refractară) ; 3 — sistem etanșare a cuptorului ; 4 — roți rulare vatră ; 5 — căi rulare vatră ; 6 — diagramă de presiune în cuptor funcționînd cu arzătoare tip TRICEM ; 7 — diagramă de presiune în cuptor funcționînd cu arzătoare tip „regenerative".

Sistemul de etanșare actual corespunde cerințelor, prin folosirea arzătoarelor regenerative, unde avem o ardere forțată, cu o eficiență termo-energetică impusă, spre limita de ardere completă.

La ardere incompletă carbonul în prezența oxigenului se transformă în : $2\ C + O_2 = 2\ CO_2$

La arderea incompletă hidrogenul în prezența oxigenului duce la :

$$2\ H_2 + O_2 = 2\ H_2O$$

Dar pentru arderea a 1 kgf de hidrogen (formîndu-se apă) sînt necesare $\frac{32}{4} = 8$ Kgf (O_2), deci trebuie să avem un control al necesa-

rului de oxigen (în timpul procesului de ardere), pentru realizarea unei arderi cît mai aproape de arderea completă.

La arderea completă, compoziția gazelor de ardere este formată din amestec de CO_2, SO_2, C_2, N_2 și vapori de apă.

Normal, conținutul în greutate de oxigen din aerul atmosferic este 0,232 și greutatea specifică a aerului este de 1,239 kgf/Nmc; putem calcula cantitatea de aer (Nmc) teoretic necesară pentru arderea unui kilogram de combustibil.

Cantitatea de aer necesară pentru arderea completă a combustibilului este mai mare decît cantitatea de aer teoretic calculată.

Dacă :

L = volmul de aer real folosit pentru arderea unui kilogram de combustibil în [Nmc/kgf] ;

L_{min} = volumul de aer teoretic necesar pentru arderea unui kilogram de combustibil, atunci

$$\lambda = \text{(coeficientul de exces de aer)} = \frac{L}{L_{min}}$$

Cu cît excesul de aer este folosit mai complet, cu atît e mai mic, ceea ce duce la o ardere cît mai bună.

Procesul de mai sus depinde de felul combustibilului și de procesul de ardere :

$$L = \lambda L_{min} \ [Nm^3/kgf]$$

L_{exces} = (volumul de aer în exces) = $L - L_{min} = L_{min}(\lambda - 1)$

Practic, chiar cu arzătoarele regenerative, nu se realizează o ardere completă; ne apropiem mai mult dar nu total.

Cunoscînd că, gazele uscate cuprind : CO_2, SO_2, O_2, N_2, CO, iar la arderea completă :

$$CO_2 + SO_2 + O_2 + N_2 + CO = 100\ \%$$

și dacă :

$$CO_2 + SO_2 = RO_2$$

avem :

$$RO_2 + O_2 + N_2 + CO = 100\ \%$$

La arderea completă $CO = 0$, avem $RO_2 + O_2 + N_2 = 100\ \%$.

Arzătoarele regenerative consumă aerul necesar arderii (în completare) din interiorul halei, unde (funcție de numărul de cuptoare în funcție și de anotimp) conținutul de O_2 al aerului nu este constant și oricum mai mic decît aerul din afara halei.

Neavînd posibilitatea controlului permanent al compoziției aerului necesar arderii, nu se poate regla la nivelul cerințelor procesul de ardere la arzătoarele regenerative.

Arderea, în această situație (de la palierul de încălzire spre palierul și în palierul de forjare), cînd procesul de ardere este intensiv și continuu, se face la o presiune mai mare în cuptor, decît presiunea atmosferică (fig. 5).

În această situație sistemul actual de etanșare a vetrei (cu jgheaburi, cuțite, nisip) nu-și mai realizează eficiența, gazele arse și chiar flacăra ies în afara camerei de schimb de căldură a cuptorului (în special la cuptoarele de încălzire), prin orice loc unde se găsește un spațiu liber, sau spațiu ce poate deveni liber (circumferința ușii, a vetrei).

În această situație trebuie realizat un nou sistem de etanșare a vetrelor și ușilor, la cuptoarele de încălzire și tratament termic, sistem ce trebuie să reziste la temperaturi înalte (mai mari de 1500 °C).

III — Prin poziționarea deflectoarelor în fața arzătoarelor, se realizează o încălzire uniformă a pieselor metalice, pentru prelucrări plastice corecte și o efectuare corespunzătoare a tratamentului termic al semifabricatelor, conform diagramelor tehnologice de încălzire impuse.

Astfel nu mai avem fenomene de autoblocare a vetrelor la cuptoarele de încălzire, deteriorări parțiale ale zidăriei refractare a cuptoarelor și vetrelor cuptoarelor, ale construcției metalice a sistemului de etanșare a vetrei și sistemului de acționare a vetrei, în final cu scoaterea din circuitul de producție (pe perioada de execuție a remedierilor), a unor suprafețe de încălzire, cu consecințe tehnico-economice negative.

IV — Prin eliminarea deficiențelor sus menționate și realizarea îmbunătățirilor expuse, din punct de vedere energetic este necesară :

a — Îmbunătățirea randamentelor arzătoarelor, controlul permanent al calității arderii și automatizarea procesului de ardere la nivelul cerințelor tehnologice.

b — Îmbunătățirea etanșeității camerei de căldură a cuptoarelor de încălzire și tratament termic.

c — Îmbunătățirea circulației gazelor arse în camerele de schimb de căldură.

d — Micșorarea pierderilor de energie termică prin convecție și conducție la cuptoarele de încălzire și tratament termic.

e — Îmbunătățirea sistemului de semnalizare (acustic și optic), privind dereglarea procesului de încălzire solicitat de tehnologie.

f — Creșterea randamentelor cuptoarelor, prin îmbunătățirea organizatorică a programării proceselor tehnologice de încălzire și tratament termic, a lingourilor și semifabricatelor — pe șarje și sortimente de materiale apropiate (din punct de vedere al compoziției)

Toate aceste probleme **implică** :

■ **Controlul automat în toate domeniile procesului de ardere.**

■ Reducerea lungimii circumferințelor și a suprafețelor de etanșare.

■ Poziționarea corespunzătoare a arzătoarelor și intrarea acestora în funcțiune realizînd un circuit turbional natural.

■ Reducerea suprafețelor cu pierderi de energie prin convecție.

■ Introducerea și realizarea unui sistem automat de urmărire permanentă a variației temperaturii în cuptor (în timp), funcție de cerințele tehnologice.

CZ : 621.783.2 : 621.771.07

Instalație pentru călirea cilindrilor de laminor în aer forțat

Prof. dr. ing. Traian **DUMITRESCU**, asist. ing. Octavian **POTECAȘU** — Universitatea Galați
Dr. ing. Ioan **BERLEA**, ing. Ion **TILICĂ** — C.C.S.I.T.U.M.P. Iași

Cilindrii de laminor din oțel forjat, executați în Combinatul de Utilaj Greu Iași, sînt cuprinși în gama dimensională definită de diametrele ∅ 950 — ∅ 1600, lungimile tăbliei de 1600—400 mm și greutatea pînă la 45 t.

După operația de prelucrare-eboș, li se aplică un tratament termic de călire în mediu lichid sintetic, în urma căruia la suprafața cilindrului apar tensiuni neuniform distribuite care conduc la fisuri premature.

În scopul micșorării grăuntelui, al uniformizării structurii și ameliorării caracteristicilor mecanice, colectivul de la catedra de metalurgie a Universității din Galați a propus înlocuirea călirii cu un tratament de călire realizat printr-un procedeu original, pe o instalație specială, care să asigure cilindrului de laminor o suprafață uniform tratată, într-un regim de răcire bine controlat.

Colectivul de proiectare din C.C.S.I.T.U.M.P. Iași, specializat în utilaj metalurgic, a elaborat proiectul acestei instalații care realizează răcirea controlată, prin insuflarea aerului cu umiditate variabilă asupra cilindrului de laminor rotit continuu pe toată durata răcirii.

Instalația prezentată în figura 1 cuprinde ca părți principale :

1 — dispozitivul de rotire ;

2 — instalația de insuflare ;

3 — instalația electrică de acționare și AMC.

Instalația se propune a fi amplasată în secția TTS din C.U.G. Iași, în apropierea vetrei mobile a cuptorului, de unde cilindrul de laminor încălzit pînă la circa 950°C este luat cu cleștele podului rulant și așezat pe dispozitivul de rotire.

Dipozitivul de rotire este compus dintr-o platformă de rotire cu două valțuri, dintre care unul asigură rotirea prin fricțiune a cilindrului tratat, iar celălalt limitarea axială a mișcării cilindrului.

Ambele valțuri pe care se reazemă cilindrul sînt dotate cu cîte o rolă de sprijin în zona centrală.

Lagărele valțurilor au asigurate ungerea și simultan, răcirea, cu apă dedurizată. Ele sînt

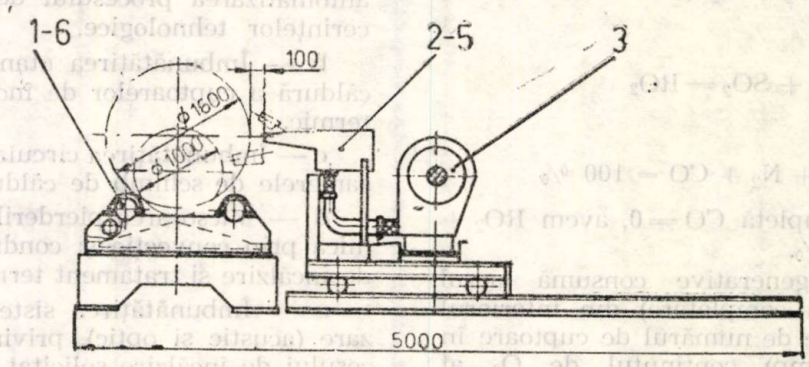


Fig. 1 Instalație de călit cilindri forjați (vedere laterală).

1 — platformă de rotire ; 2 — instalație de insuflare ; 3 — instalație electrică și A.M.C. ; 4 — grup de antrenare ; 5 — instalație de umidificare ; 6 — instalație de răcire.

echipate cu bucșe de sticloplast-nou (material antifricțiune românesc).

Răcirea valțurilor se face cu apă printr-o rampă de stropire pe generatoare. Rampa de

stropire este carcasată pentru a se evita stropirea cilindrului tratat. După ce răcește valțurile apa este reținută de șasiul dispozitivului și evacuată la rețea pentru răcire și reutilizare.

Țunderul, căzut în timpul rotirii pe un plan înclinat, este reținut la marginea șasiului de unde poate fi eliminat la sfîrșitul tratamentului.

Instalația de insuflare face ca un jet de aer cu umiditate reglabilă să răcească uniform, în lungul unei generatoare, atît tăblia cît și fusurile cilindrului de laminor aflat în rotație.

Pentru acesta, instalația de insuflare cuprinde o baterie de ventilatoare centrifugale al cărei debit total de 19.600 m^3/h este introdus într-un colector comun larg de 7,5 m.

În interiorul colectorului se găsesc duze de pulverizare fină a apei, care pot umezi aerul pînă la obținerea ceții. Astfel, reglarea regimului de răcire este realizată și prin căldura specifică variabilă a agentului de răcire (aer uscat-ceață), pe lîngă celelalte posibilități oferite de instalație.

Agentul de răcire este evacuat către cilindrul de laminor prin 25 de fante cu lățimea de 300 mm și cu secțiune variabilă.

Unghiul de atac al jetului de aer este cuprins între —20 și +5° față de normala la suprafața cilindrului și este determinat prin înclinarea corespunzătoare a colectorului comun.

Instalația de insuflare, care înglobează și instalația de umidificare, este deplasabilă pe o cale de rulare perpendiculară pe axa cilindrului tratat.

Acest lucru permite cleștelui să manevreze fără restricții cilindrul de așezare/ridicare și face posibilă distanța minimă de 100 mm față de suprafața cilindrului.

Toate comenzile instalației de normalizat cilindri de laminor se fac de la dulapul instalației electrice. Schema electrică de acționare asigură interblocările necesare funcționării fără riscuri a instalației tehnologice.

În timpul tratamentului, aparatura de măsură și control permite măsurarea continuă și înregistrarea temperaturii cilindrului în 5 puncte (3 pe tăblie și 2 pe suprafețe frontale), cît și măsurarea turației cilindrului.

Astfel dotată, instalația experimentală supraveghează parametrii prescriși în tehnologia de tratament și, ca atare, poate asigura reproducerea lor la tot lotul, cît și emiterea unor diagrame de control.

Concepută ca o instalație experimentală cu largi posibilități de reglare a regimului de răcire, instalația de normalizat cilindri forjați este în același timp un instrument de cercetare și o instalație productivă, care poate ridica nivelul tehnic și calitativ al cilindrilor de laminor din oțel, produși de C.U.G. Iași.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Gafițanu, M.*: Organe de mașini, vol. I și II
[2] *Moldovan, P.*: Tehnologii metalurgice.
[3] *Cartiș, I.G.*: Tratamente termice, tehnologii și utilaje
[4] *Dulămiță, T.*: Trtamente termice termochimice.
[5] *Gălușcă, D. ș.a.*: Tratamente termice, vol. I și vol. II.

CZ : 62-755

Modelul matematic al comportamentului dinamic al unui robot dezechilibrat montat în mașina de echilibrare

Asist. ing. Lăcrămioara **SALOMEIA**, șef lucr. Tudorel **SÎRBU**, prof. dr. doc. Nicolae **IRIMICIUC**, prof. dr. ing. Dumitru **HORBANIUC** — Institutul Politehnic Iași

Stabilirea ecuațiilor ce descriu mișcarea rotorului dezechilibrat

Se consideră un rotor ($\mathbf{R}_t$) cu capetele arborelui său introduse în lagărele ($\mathbf{Lg}_1$) și ($\mathbf{Lg}_2$) ale mașinii de echilibrat, ultimele montate pe suporturi prin intermediul unor elemente elastice, ce permit centrelor $\mathbf{O}_1$ și $\mathbf{O}_2$ ale lagărelor să se deplaseze pe dreptele paralele ($\triangle_1$) și ($\triangle_2$), orizontale.

Rotorul dezechilibrat este înlocuit cu modelul mecanic echivalent format din rotorul perfect centrat, cu caracteristicile inerțiale M^* și J^* și din masele de dezechilibrare, plasate la distanțele d_1, respectiv d_2 de cele două lagăre, cu razele lor polare r_1, respectiv r_2, formînd cu planul $Qx'z'$ al reperului $Qx'y'z'$ atașat rotorului unghiurile polare $\varkappa_1$ și $\varkappa_2$, (fig. 1).

În condițiile precizate, rotorul dezechilibrat are trei grade de libertate cărora le corespund trei parametri de poziție independenți, reprezentați prin : deplasarea s a polului **Q**, unghiul θ de mutație și unghiul φ de rotație, care pot fi aleși drept parametri lagrangeieni ai mișcării rotorului.

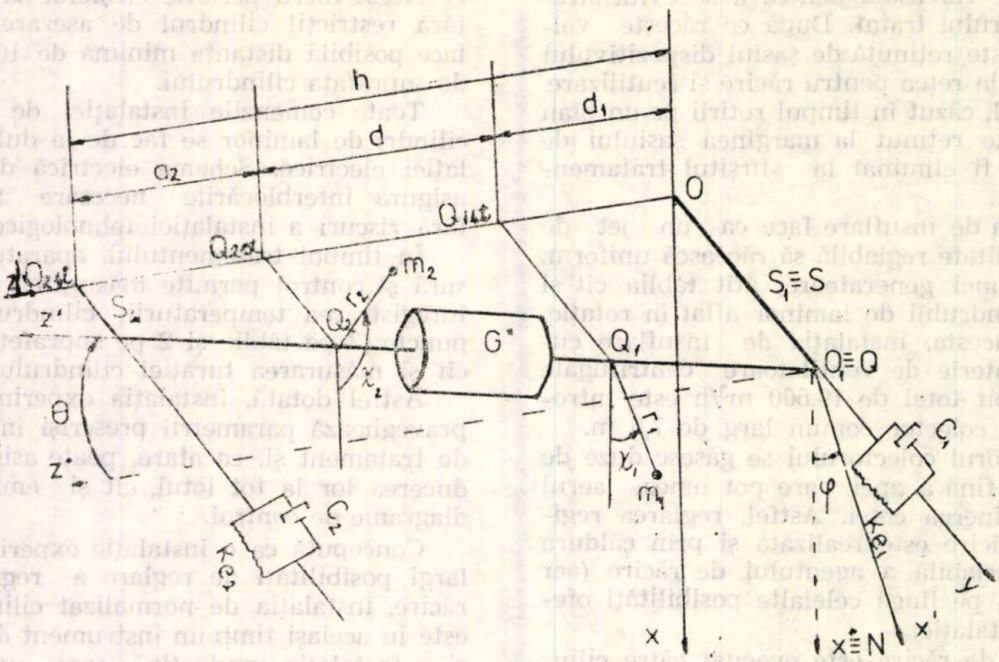


Fig. 1

Energia cinetică a rotorului dezechilibrat aflat în mișcare, are expresia :

$$\varepsilon = \frac{1}{2} M\bar{v}_Q^2 + M\bar{v}_Q(\bar{\omega} \times \bar{r}_G') + \frac{1}{2}\left(J_{xx}'\omega_x'^2 + J_{yy}'\omega_y'^2 + J_{zz}'\omega_z'^2 - 2J_{xy}'\omega_x'\omega_y' - 2J_{xz}'\omega_x'\omega_z' - 2J_{yz}'\omega_y'\omega_z'\right) \quad (1)$$

unde :

M, J_{xx}', J_{yy}', J_{zz}', J_{xy}', J_{yz}', J_{xz}' sînt caracteristicile inerțiale ale rotorului dezechilibrat;

$\bar{v}_Q = \dot{s}\cdot\bar{j}$, este viteza polului $\mathbf{Q}$;

$\bar{\omega} = \dot{\varphi}\bar{K}' + \dot{\theta}\bar{i}$ este viteza unghiulară instantanee a rotorului cu proiecțiile sale pe axele reperelui mobil notate cu simbolurile ω_x', ω_y', ω_z'.

Calculînd expresiile forțelor generalizate ale rotorului :

$$\begin{aligned} Q_{a_1} &= M_m - Mge\sin\varphi; \\ Q_{a_2} &= -K_{e_1}s - K_{e_2}(s - h\theta); \\ Q_{a_3} &= K_e h(s - h\theta); \\ Q_{p_1} &= -M_{fr}; \\ Q_{p_2} &= -c_1\dot{s} - c_2(\dot{s} - h\dot{\theta}); \\ Q_{p_3} &= C_2 h(\dot{s} - h\dot{\theta}); \end{aligned} \quad (2)$$

unde :

μ_m — este momentul cuplului motor aplicat rotorului;

e — este excentricitatea rotorului;

(K_{e1}, K_{e2}), (C_1, C_2) — sînt constantele de elasticitate și de amortizare din cele două lagăre;

h — este lungimea rotorului;

s-au stabilit cele trei ecuații Lagrange de specia a II-a reprezentînd modelul matematic al comportamentului dinamic al rotorului dezechilibrat pentru cazul general considerat.

Sistemul de ecuații obținut a fost apoi particularizat, considerîndu-se următoarele condiții de funcționare a sistemului vibrant.

1°. Mișcarea rotorului este considerată numai în regim permanent, caracterizată prin condițiile funcționale :

$$\ddot{\varphi} = 0; \quad \dot{\varphi} = \omega_o = \text{const}; \quad \varphi = \omega_o t + \varphi_o \quad (3)$$

2°. Lunetele au aceeași rigiditate și aceeași amortizare adică :

$$K_{e_1} = K_{e_2} = K_e; \quad C_1 = C_2 = C \quad (4)$$

3° Unghiul θ este foarte mic, lucru care implică aproximările

$$\cos\theta \approx 1; \quad \sin\theta \approx \theta; \quad \dot{\theta}^2\sin\theta \approx \dot{\theta}^2\theta \approx 0 \quad (5)$$

4°. Masele de dezechilibrare m_1, m_2 au valori neglijabile în raport cu masa M a rotorului.

Procedînd deci în baza condițiilor (1° ... 4°) la neglijarea unor termeni din ecuațiile Lagrange, s-a obținut următorul sistem de 2 ecuații diferențiale liniare, în necunoscutele s și θ, singurele ce interesează în modelul

matematic considerat, şi care descriu mişcarea rotorului.

$$M(h - z'_G)\ddot{s} + (J_0 - Mhz'_G)\ddot{\theta} + Ch\dot{s} + K_e hs = hf_1(t) + f_2(t)$$

$$M(h - 2z'_G)\ddot{s} + (2J_0 - Mhz'_G)\ddot{\theta} + Ch^2\dot{\theta} + K_e h^2\theta = hf_1(t) + 2f_2(t) \quad (6)$$

cu :

$$f_1(t) = \omega_0^2[m_1 r_1 \sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_1) + m_2 r_2 \sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_2);$$

$$f_2(t) = -\omega_0^2[m_1 r_1 d_1 \sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_1) + m_2 r_2 (d + d_1)\sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_2) \quad (7)$$

iar $J_0 = J'_{xx} = J'_{yy}$.

Soluţia particulară a sistemului de ecuaţii (6), care va modela vibraţia forţată a rotorului, este de forma :

$$s = A_{11}\sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_1) + A_{12}\sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_2) + B_{11}\cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_1) + B_{12}\cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_2) \quad (8)$$

$$\theta = A_{21}\sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_1) + A_{22}\sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_2) + B_{21}\cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_1) + B_{22}\cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_2)$$

unde (A_{i1}, B_{i1}), (A_{i1}, B_{i2}) sînt constante, $(i = 1, 2)$, şi va conduce la concluzia :

$$s = -\omega_0^2 s; \quad \ddot{\theta} = -\omega_0^2\theta; \quad (9)$$

şi deci la următoarea formă a sistemului de ecuaţii (6) :

$$a_1\dot{s} + a_2 s + a_3\theta = \quad (10)$$

$$= m_1 r_1\left(1 - \frac{d_1}{h}\right)\sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_1) + m_2 r_2\left(1 - \frac{d + d_1}{h}\right)\sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_2)$$

$$b_1\dot{\theta} + b_2 s + b_3\theta =$$

$$= m_1 r_1\left(1 - \frac{2d_1}{h}\right)\sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_1) + m_2 r_2\left(1 - 2\frac{d + d_1}{h}\right)\sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_2)$$

în care :

$$a_1 = \frac{C}{\omega_0^2}; \quad a_2 = \frac{K_e}{\omega_0^2} - M\left(1 - \frac{z'_G}{h}\right); \quad a_3 = Mz'_G - \frac{J_0}{h};$$

$$b_1 = \frac{Ch}{\omega_0^2}; \quad b_2 = M\left(\frac{2z'_G}{h} - 1\right);$$

$$b_3 = \frac{K_e h}{\omega_0^2} + Mz'_G - \frac{2J_0}{h} \quad (11)$$

Constantele (A_{i1}, B_{i1}), (A_{i2}, B_{i2}) vor fi determinate în continuare, din condiţia ca soluţia (8) să verifice sistemul (10), şi ca urmare prin identificarea coeficienţilor termenilor în $\sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_1)$, $\sin(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_2)$, $\cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_1)$, $\cos(\omega_0 t + \varphi_0 + \varkappa_2)$ s-au obţinut sistemele de ecuaţii :

$$a_2 A_{11} + a_3 A_{21} - a_1\omega_0 B_{11} = m_1 r_1\left(1 - \frac{d_1}{h}\right)$$

$$a_1\omega_0 A_{11} + a_2 B_{11} + a_3 B_{21} = 0$$

$$b_2 A_{11} + b_3 A_{21} - b_1\omega_0 B_{21} = m_1 r_1\left(1 - \frac{2d_1}{h}\right)$$

$$b_1\omega_0 A_{11} + b_2 B_{11} + b_3 B_{21} = 0 \quad (12)$$

şi :

$$a_2 A_{12} + a_3 A_{22} - a_1\omega_0 B_{12} = m_2 r_2\left(1 - \frac{d + d_1}{h}\right)$$

$$a_1\omega_0 A_{12} + a_2 B_{12} + a_3 B_{22} = 0$$

$$b_2 A_{12} + b_3 A_{22} - b_1\omega_0 B_{22} = m_2 r_2\left(1 - 2\frac{d - d_1}{h}\right)$$

$$b_1\omega_0 A_{22} + b_2 B_{12} + b_3 B_{22} = 0 \quad (13)$$

cu soluţiile acestor sisteme de forma :

$$A_{11} = \frac{m_1 r_1}{\Delta}\left(\alpha_1 - \frac{d_1}{h}\beta_1\right);$$

$$A_{12} = \frac{m_2 r_2}{\Delta}\left(\alpha_1 - \frac{d + d_1}{h}\beta_1\right)$$

$$A_{21} = \frac{m_1 r_1}{\Delta}\left(\alpha_2 - \frac{d_1}{h}\beta_2\right)$$

$$A_{22} = \frac{m_2 r_2}{\Delta}\left(\alpha_2 - \frac{d + d_1}{h}\beta_2\right) \quad (14)$$

$$B_{11} = \frac{m_1 r_1}{\Delta}\left(\alpha_3 - \frac{d_1}{h}\beta_3\right);$$

$$B_{12} = \frac{m_2 r_2}{\Delta}\left(\alpha_3 - \frac{d + d_1}{h}\beta_3\right)$$

$$B_{21}=\frac{m_1r_1}{\Delta}\left(\alpha_4-\frac{d_1}{h}\beta_4\right);$$

$$B_{22}=\frac{m_2r_2}{\Delta}\left(\alpha_4-\frac{d+d_1}{h}\beta_4\right)$$

în care :

$$\Delta=\begin{vmatrix} a_2 & a_3 & -a_1\omega_0 & 0 \\ a_1\omega_0 & 0 & a_2 & a_3 \\ b_2 & b_3 & 0 & -b_1\omega_0 \\ 0 & b_1\omega_0 & b_2 & b_3 \end{vmatrix}=$$

$$=a_2\gamma_1-a_3\gamma_2-a_1\omega_0\gamma_3 \qquad (15)$$

este determinantul sistemelor (12) și (13), iar :

$$\alpha_1=\gamma_1+\delta_1; \qquad \beta_1=\beta_1+2\delta_1$$

$$\alpha_2=-\gamma_2-\delta_2; \qquad \beta_2=-\gamma_2-2\delta_2$$

$$\alpha_2=\gamma_3+\delta_3; \qquad \beta_3=\gamma_3-2\delta_3$$

$$\alpha_4=-\gamma_4-\delta_4; \qquad \beta_4=-\gamma_4-2\delta_4 \qquad (16)$$

unde (γ_i), (δ_i) sînt minori complementari ai elementelor din determinanții (α_i) și $\beta_i)$, $(i=1, 2, 3, 4)$ și au valorile :

$$\gamma_1=a_3b_2b_3-a_2b_3^2-a_2b_1^2\omega_0^2;$$

$$\gamma_2=a_3b_2^2-a_2b_2b_3+a_1b_1b_2\omega_0^2;$$

$$\gamma_3=a_1b_1^2\omega_0+a_1b_3^2\omega_0+a_3b_1b_2\omega_0;$$

$$\gamma_4=\omega_0(a_1b_2b_3+a_2b_1b_2); \qquad (17)$$

$$\delta_1=a_2a_3b_3-a_3^2b_2-a_1a_3b_1\omega_0^2;$$

$$\delta_2=a_2^2b_3-a_2a_3b_2+a_1^2b_3\omega_0^2;$$

$$\delta_3=-\omega_0(a_2a_3b_1+a_1a_3b_3);$$

$$\delta_4=-a_1^2b_1\omega_0^3-a_2^2b_1\omega_0-a_1a_3\omega_0;$$

Stabilirea relațiilor dintre semnalele culese în cele două reazeme (lunete) și parametrii de dezechilibrare ai rotorului

În baza relației (14), deplasările celor două reazeme, produse ca urmare a stării de dezechilibrare, vor avea expresiile :

$$s_1=s=A_{11}\sin(\omega_0t+\varphi_0+\varkappa_1)+A_{12}\sin(\omega_0t+\varphi_0+\varkappa_2)+B_{11}\cos(\omega_0t+\varphi_0+\varkappa_1)+B_{12}\cos(\omega_0t+\varphi_0+\varkappa_2) \qquad (18)$$

$$s_2=s-h0=(A_{11}-hA_{21})\sin(\omega_0t+\varphi_0+\varkappa_1)+(A_{12}-hA_{22})\sin(\omega_0t+\varphi_0+\varkappa_2)+(B_{11}-hB_{21})\cos(\omega_0t+\varphi_0+\varkappa_1)+(B_{12}-hB_{22})\cos(\omega_0t+\varphi_0+\varkappa_2)$$

care vor mai putea fi scrise sub forma :

$$s_1=\mathcal{A}_1\sin(\omega_0t+\varphi_0)+\mathcal{B}_1\cos(\omega_0t+\varphi_0)$$

$$s_2=\mathcal{A}_2\sin(\omega_0t+\varphi_0)+\mathcal{B}_2\cos(\omega_0t+\varphi_0) \qquad (19)$$

unde $(\mathcal{A}_1,\mathcal{A}_2)$,$(\mathcal{B}_1,\mathcal{B}_2)$, sînt amplitudini ale semnalelor sinusoidale, respectiv cosinusoidale. ce vor putea fi măsurate la nivelul lagărelor.

Procedînd la dezvoltarea funcțiilor $\sin(\omega_0t+\varphi_0+\varkappa_1)$, $\sin(\omega_0t+\varphi_0+\varkappa_2)$, $\cos(\omega_0t+\varphi_0+\varkappa_1)$ și $\cos(\omega_0t+\varphi_0+\varkappa_2)$ din expresiile (18) și la identificarea coeficienților funcțiilor $\sin(\omega_0t+\varphi_0)$ și $\cos(\omega_0t+\varphi_0)$ de asemenea, ținînd cont și de (14), obținem următorul sistem de ecuații liniare în necunocutele $\xi_i,(i=1, 2, 3, 4)$:

$$\mathcal{A}_i\cdot\Delta=-\left(\alpha_3-\frac{d_1}{h}\beta_3\right)\xi_1-\left(\alpha_3-\frac{d_3}{h}\beta_3\right)\xi_2+\left(\alpha_1-\frac{d_1}{h}\beta_1\right)\xi_3+\left(\alpha_1-\frac{d_3}{h}\beta_1\right)\xi_4,$$

$$\mathcal{B}_1\cdot\Delta=\left(\alpha_1-\frac{d_1}{h}\beta_1\right)\xi_1+\left(\alpha_1-\frac{d_3}{h}\beta_1\right)\xi_2+\left(\alpha_3-\frac{d_1}{h}\beta_3\right)\xi_3+\left(\alpha_3-\frac{d_3}{h}\beta_3\right)\xi_4,$$

$$\mathcal{A}_2\cdot\Delta=-\left[\alpha_3-\frac{d_1}{h}\beta_3-h\left(\alpha_4-\frac{d_1}{h}\beta_4\right)\right]\xi_1-\left[\alpha_3-\frac{d_3}{h}\beta_3-h\left(\alpha_4-\frac{d_3}{h}\beta_4\right)\right]\xi_2+\left[\alpha_1-\frac{d_1}{h}\beta_1-h\left(\alpha_2-\frac{d_1}{h}\beta_2\right)\right]\xi_3+\left[\alpha_1-\frac{d_3}{h}\beta_1-h\left(\alpha_2-\frac{d_3}{h}\beta_2\right)\right]\xi_4; \qquad (20)$$

$$\mathcal{B}_2\cdot\Delta=\left[\alpha_1-\frac{d_1}{h}\beta_1-h\left(\alpha_2-\frac{d_1}{h}\beta_2\right)\right]\xi_1+\left[\alpha_1-\frac{d_3}{h}\beta_1-h\left(\alpha_2-\frac{d_3}{h}\beta_2\right)\right]\xi_2+\left[\alpha_3-\frac{d_1}{h}\beta_3-h\left(\alpha_4-\frac{d_1}{h}\beta_4\right)\right]\xi_3+\left[\alpha_3-\frac{d_3}{h}\beta_3-h\left(\alpha_4-\frac{d_3}{h}\beta_4\right)\right]\xi_4$$

unde :

$$d_3=d+d_1;$$

$$\xi_1=m_1r_1\sin\varkappa_1; \qquad \xi_2=m_2r_2\sin\varkappa_2; \qquad (21)$$

$$\xi_3=m_1r_1\cos\varkappa_1; \qquad \xi_4=m_2r_2\cos\varkappa_2;$$

Cunoscînd valorile $\mathcal{A}_1$, $\mathcal{A}_2$, $\mathcal{B}_1$, $\mathcal{B}_2$, se poate rezolva acest sistem de ecuații și se vor obține

valorile ξ_i, ($i = 1, 2, 3, 4$), care furnizează informații în legătură cu starea de dezechilibrare a rotorului.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Buzdugan, Gh., Fetcu, L., Radeș, M.* : Vibrații mecanice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979.

[2] *Mangeron, D., Irimiciuc, N.* : Mecanica rigidelor cu aplicații în inginerie, vol. I, III, București, Editura Tehnică.

[3] *Rădoi, M., Deciu, E., Voiculescu, D.* : Elemente de vibrații mecanice, Editura Tehnică, București, 1973.

[4] *Silaș, Gh.* : Mecanica. Vibrații mecanice. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1967.

[5] *Silaș, Gh., Groșanu, I.* : Mecanică, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.

CZ : 624.075.2

Nomogramă pentru calculul flambajului în domeniul elastic

Șef lucr. ing. Mircea **BEJAN**, ing. Dan **GRECU** – Institutul Politehnic Cluj-Napoca

Dimensionarea organelor de mașini și a elementelor de construcții solicitate centric prin forțe de compresiune se face utilizînd relațiile generale pentru calculul de rezistență la întindere-compresiune. Dacă raportul dintre lungime și mărimea secțiunii transversale (și forma secțiunii transversale) depășesc anumite valori determinate (deci bara este subțire), există pericolul ca sub acțiunea sarcinii, bara, încă înainte de atingerea valorii tensiunii admisibile pentru materialul respectiv, să-și piardă stabilitatea, îndoindu-se lateral. Fenomenul de de pierdere a stabilității elastice sau de flambaj este cauzat de faptul că o bară nu poate fi niciodată perfect dreaptă și rigidă, producîndu-se în diferite locuri ale acesteia momente de încovoiere, care devin tot mai mari pe măsura creșterii sarcinii aplicate. La început bara opune acestor momente încovoietoare o rezistență interioară menținîndu-se forma inițială; ulterior cresc însă excentricitățile barei, pînă cînd aceasta flambează. Se poate considera (aproximativ) că nu se produce flambaj dacă între lungimea l și dimensiunea transversală cea mai mică, d, există relația :

$$l \leqslant 15\ d \qquad (1)$$

Fenomenul de pierdere a stabilității elastice nu este precedat în timp de alte evenimente care să-l anunțe, fiind cu atît mai periculos. De aceea, în toate cazurile la care pierderea stabilității elastice este posibilă, se alătură calculului de rezistență și un calcul de stabilitate (limitat la unele elemente ale sistemului sau chiar la întregul sistem).

A calcula o piesă la flambaj înseamnă a determina valoarea forței critice de flambaj F_{cf} și a alege forța efectivă de solicitare a acesteia de c ori mai mică :

$$F_{ef} \leqslant \frac{F_{cf}}{c} = F \qquad (2)$$

unde c reprezintă coeficientul de siguranță la flambaj ($c = 1{,}7—28$, conform tabelului 1).

Valorile coeficientului de siguranță la flambaj

Tabelul 1

Nr. crt.	Domeniul de utilizare		Coeficient de siguranță
1	Tija pistonului	Mașini cu un cilindru	8—12
		Mașini cu un cilindru și contratijă ; Mașini cu doi cilindri	4— 8
2	Biela	Mașini termice mari	14—28
		Motoare de automobil	4—5,5
3	Elemente de construcții din :	oțel	1,7—2,4
		lemn	5—10
		fontă	5—5,5
4	Piese metalice obișnuite de mașini		4—12
5	Piese de mașini supuse la solicitări variabile		14—28

Literatura tehnică indică frecvent următoarele procedee de calcul :

1 — formula lui Euler (pentru domeniul elastic);

2 — formulele lui Tetmajer-Iasinski pentru construcția de mașini (în domeniul plastic) ;

3 — metoda coeficientului de flambaj sau metoda φ (pentru domeniul elastic și plastic),

utilizată aplicativ la construcțiile metalice sau din lemn (sau multiplicatorul de flambaj $\omega = \frac{1}{\varphi}$, utilizat în lucrările tehnice germane).

În toate aceste procedee de calcul al flambajului punctul de plecare îl constituie formula lui Leonhard Euler :

$$F_{cf} = \frac{\pi^2 \cdot E I_{min}}{l_f^2} \tag{3}$$

cu observația că procedeele 2 și 3 fiind procedee de verificare a calculului (ce au drept premise valori dinainte date), formula (3) servește drept relație empirică al cărei rezultat trebuie corectat.

Lungimea de flambaj, l_f, reprezintă distanța dintre două puncte consecutive de inflexiune ale fibrei medii deformate a barei flambate, depizînd de modul de rezemare a barei (prin includerea coeficientului μ, conform figurii 1) și de lungimea geometrică a acesteia:

$$l_f = \mu \cdot l \tag{4}$$

Pentru mărimea și forma secțiunii transversale a barei sînt determinate suprafața secțiunii transversale, A, și momentul de inerție minim, I_{min} ; acestea sînt cuprinse împreună în raza de inerție (girație) $i_{min} = \sqrt{\frac{I_{min}}{A}}$, din care rezultă coeficentul de zveltețe (suplețe, subțirime)

$$\lambda = \frac{l_f}{i_{min}} \tag{5}$$

Materialul din care este realizată bara intervine în calcule prin modulul de elasticitate longitudinal, E.

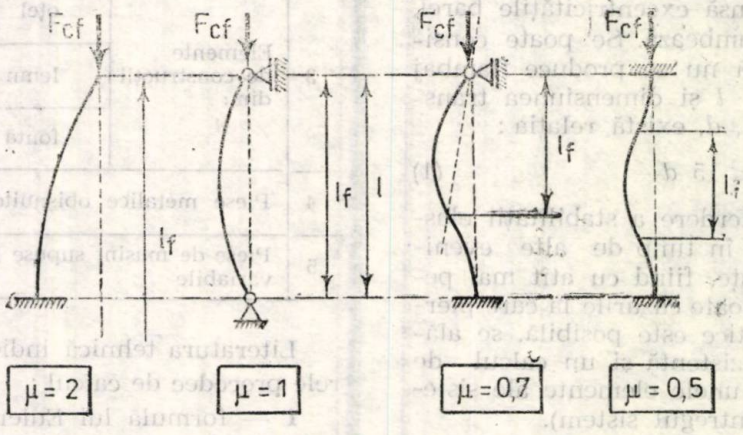


Fig. 1 Lungimea de flambaj a barei drepte, în funcție de modul rezemării.

Pentru dimensionare, prin care se urmărește, în general, stabilirea formei și dimensiunilor secțiunii transversale, se poate utiliza schema logică prezentată în figura 2 [1]. Acest calcul se bazează pe formula lui Euler, care conține patru variabile ; pentru calculul flambajului în domeniul elastic, mai apar două variabile : raza minimă de inerție (i_{min}) și coeficientul de zveltețe (λ).

Existența unei nomograme care să cuprindă toate aceste variabile ar ușura calculul flambajului în domeniul elastic, permițînd stabilirea cu suficentă precizie a dimensiunilor secțiunii.

Pentru cazul particular al ecuației cu trei variabile, cînd ecuația de relație între cele trei necunoscute este de forma

$$f(x) + f(y) = f(z), \tag{6}$$

se pot construi nomograme cu trei drepte paralele, cele trei valori găsindu-se pe dreapta comună care le întretaie. Nomogramele cu puncte aliniate prezintă unele avantaje : claritate, cercetarea rapidă a soluțiilor posibile, desenarea simplă, obținerea unei precizii de circa 0,5 % [3].

Distanțele relative între scări (b_i) și modulul scării necunoscute (n_i) depind de modulii scărilor considerate cunoscute (m_i și r_i), figura 3.

Pentru ca punctele **M, N, R** să fie pe aceeași dreaptă trebuie ca :

$$\frac{RR_1}{NN_1} = \frac{a_i}{a_i - b_i} \tag{7}$$

Dar :

$$RR_1 = r_i \cdot f(y) - m_i \cdot f(x)$$

$$NN_1 = n_i \cdot f(z) - m_i \cdot f(x)$$

relația (7) devenind :

$$b_i \cdot m_i \cdot f(x) + (a_i - b_i) r_i \cdot f(y) = a_i \cdot n_i \cdot f(z)$$

Pentru ca relația (6) să fie, de asemenea, respectată, trebuie ca :

$$b_i \cdot m_i = (a_i - b_i) r_i = a_i \cdot n_i$$

de unde :

$$b_i = \frac{a_i \cdot r_i}{m_i + r_i} \quad \text{și} \quad n_i = \frac{m_i \cdot r_i}{m_i + r_i} \tag{8}$$

Observații :

1. semnele variabilelor stabilesc direcția de divizare a scărilor ;

2. o constantă, k, la partea dreaptă a ecuației (6) deplasează numai punctul **O** al scării de modul n_i ;

3. un factor la una dintre variabile schimbă modulul scării respective (sau al unei alte variabile).

Funcție de suportul teoretic prezentat, în tabelul 2 sînt sistematizate relațiile matema-

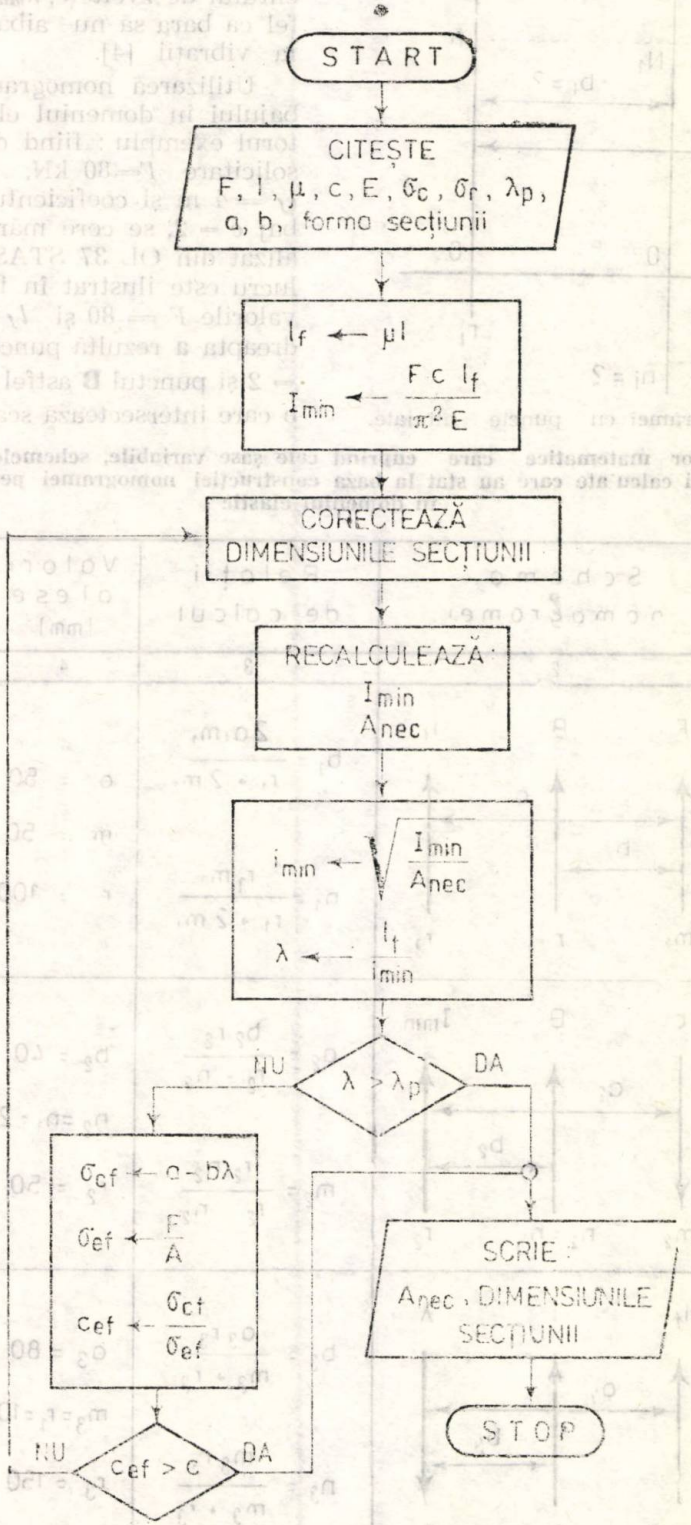


Fig. 2 Schema logică pentru dimensionarea la flambaj a barelor drepte.

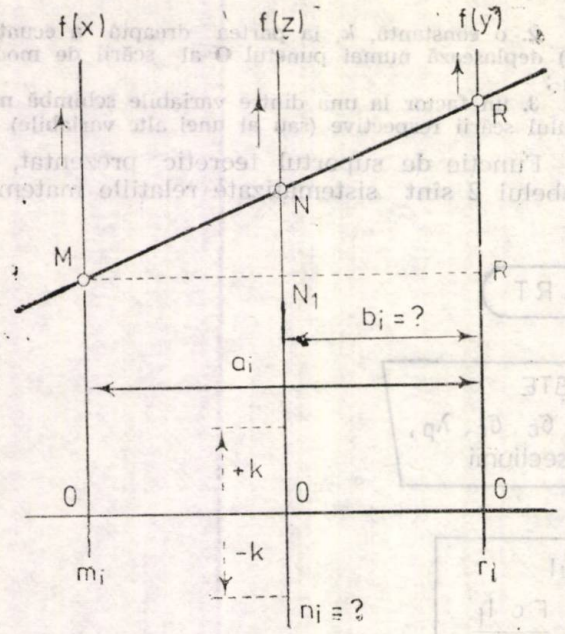


Fig. 3 Construcția nomogramei cu puncte aliniate.

tice care cuprind cele șase variabile, schemele nomogramei, relațiile de calcul, valorile alese și calculate care au stat la baza construcției nomogramei (la scări logaritmice) din figura 4.

Stabilirea plajei de valori corespunzătoare fiecărei scări s-a realizat pe considerații practice. Spre exemplu, valoarea maximă a coeficientului de zvelțețe, $\lambda_{max} = 250$, este fixată astfel ca bara să nu aibă o flexibilitate excesivă la vibrații [4].

Utilizarea nomogramei pentru calculul flambajului în domeniul elastic rezultă din următorul exemplu : fiind date, forța efectivă de solicitare $F = 80$ kN, lungimea de flambaj $l_f = 4$ m și coeficientul de siguranță la flambaj $c = 2$, se cere mărimea profilului „U" realizat din OL 37 STAS 500—80. Procedeul de lucru este ilustrat în figura 4. Se localizează valorile $F = 80$ și $l_f = 4$ și unindu-le prin dreapta a rezultă punctul **B**. Prin punctul **c** = = 2 și punctul **B** astfel obținut, se duce dreapta b care intersectează scara I_{min} în dreptul valorii

Sistematizarea relațiilor matematice care cuprind cele șase variabile, schemele nomoramei, relațiile de calcul, valorile alese și calcu'ate care au stat la baza construcției nomogramei pentru calcu'ul flambajului în domeniul elastic

Tabelul 2

Nr. crt.	Relația matematică	Schema nomogramei	Relații de calcul	Valori alese [mm]	Valori calculate [mm]	Observații
0	1	2	3	4	5	6
1	$B = F\, l_f^2$	F B l_f a_1 b_1 m_1 r_1 r_1	$b_1 = \frac{2 a_1 m_1}{r_1 + 2 m_1}$ $n_1 = \frac{r_1 m_1}{r_1 + 2 m_1}$	$a_1 = 50$ $m_1 = 50$ $r_1 = 100$	$b_1 = 25$ $n_1 = 25$	—
2	$c = \frac{I_{min}}{B} k$ $k = \pi^2 E$	c B I_{min} a_2 b_2 m_2 $r_{12} = r_1$ r_2	$a_2 = \frac{b_2 r_2}{r_2 - n_2}$ $m_2 = \frac{r_2 n_2}{r_2 \quad n_2}$	$b_2 = 40$ $n_2 = n_1 = 25$ $r_2 = 50$	$a_2 = 80$ $m_2 = 50$	Scara c are direcție contrară și deplasată cu k
3	$\lambda = \frac{l_f}{\lambda}$	l_f i λ a_3 b_3 $m_3 = r_1$ n_3 r_3	$b_3 = \frac{a_3 r_3}{m_3 + r_3}$ $n_3 = \frac{m_3 r_3}{m_3 + r_3}$	$a_3 = 80$ $m_3 = r_1 = 100$ $r_3 = 150$	$b_3 = 48$ $n_3 = 60$	Scara λ are direcție contrară

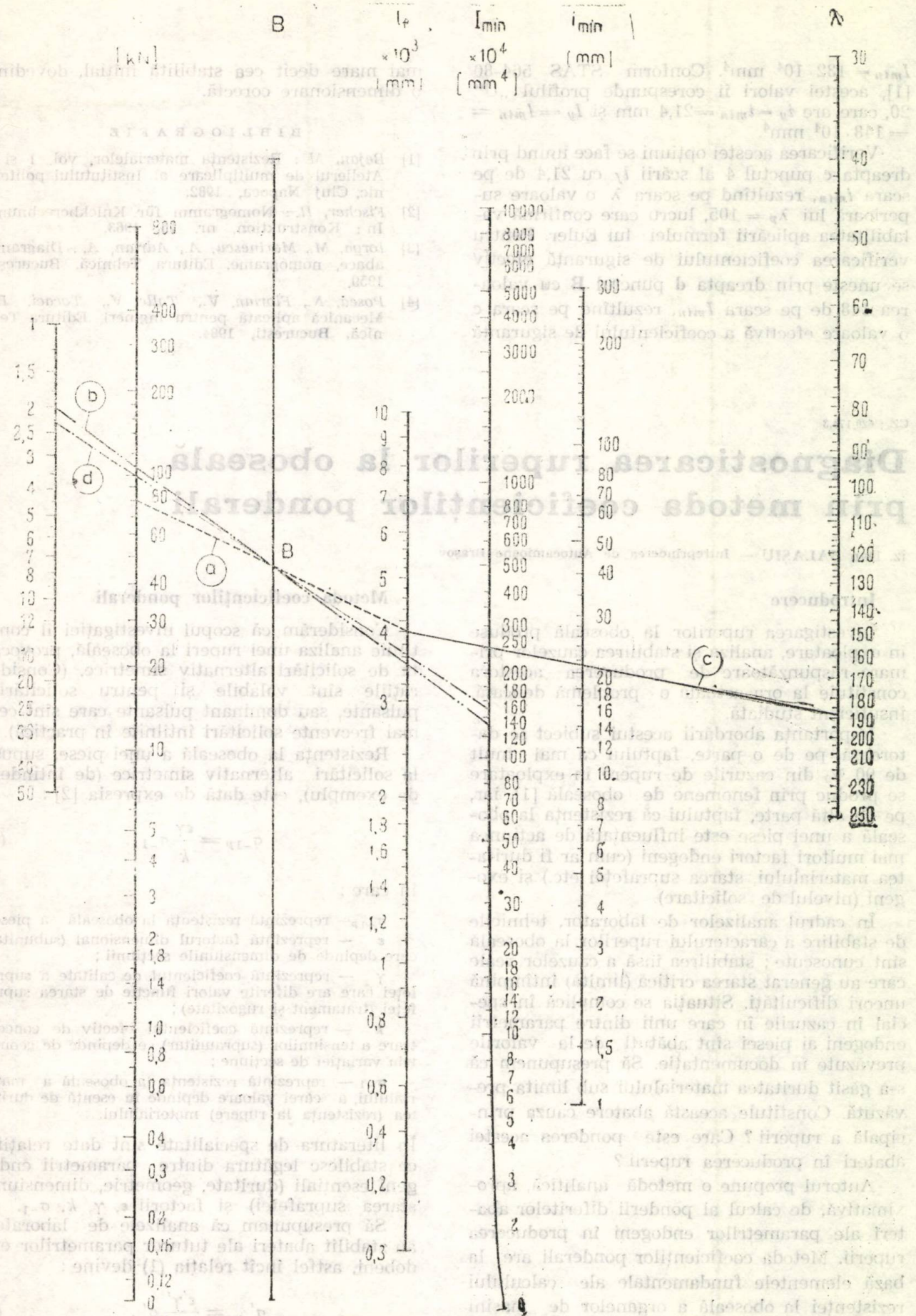


Fig. 4 Nomogramă pentru calculul flambajului în domeniul elastic.

$I_{min} = 132 \cdot 10^4$ mm^4. Conform STAS 564-80 [1], acestei valori îi corespunde profilul „U" 20, care are $i_y = i_{min} = 21{,}4$ mm și $I_y = I_{min} = 148 \cdot 10^4$ mm^4.

Verificarea acestei opțiuni se face unind prin dreapta c punctul 4 al scării l_f cu 21,4 de pe scara i_{min}, rezultînd pe scara λ o valoare superioară lui $\lambda_p = 105$, lucru care confirmă valabilitatea aplicării formulei lui Euler. Pentru verificarea coeficientului de siguranță efectiv se unește prin dreapta d punctul **B** cu valoarea 148 de pe scara I_{min}, rezultînd pe scara c o valoare efectivă a coeficientului de siguranță mai mare decît cea stabilită inițial, dovedind o dimensionare corectă.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Bejan, M.*: Rezistența materialelor, vol. 1 și 2. Atelierul de multiplicare al Institutului politehnic, Cluj Napoca, 1982.

[2] *Fischer, H.*: Nomogramm für Knickberechnung. În: Konstruktion, nr. 15, 1963.

[3] *Iorga, M., Marinescu, A., Adrian, A.*: Diagrame, abace, nomograme. Editura Tehnică, București, 1959.

[4] *Posea, N., Florian, V., Talle, V., Tocaci, E.*: Mecanică aplicată pentru ingineri. Editura Tehnică, București, 1984.

CZ : 620.178.3

Diagnosticarea ruperilor la oboseală prin metoda coeficienților ponderali

ing. Dan **BALAȘIU** — Întreprinderea de Autocamioane Brașov

Introducere

Investigarea ruperilor la oboseală produse în exploatare, analiza și stabilirea cauzelor primare răspunzătoare de producerea acestora constituie la ora actuală o problemă delicată, insuficient studiată.

Importanța abordării acestui subiect se datorează, pe de o parte, faptului că mai mult de 90 % din cazurile de rupere în exploatare se produc prin fenomene de oboseală [1], iar, pe de altă parte, faptului că rezistența la oboseală a unei piese este influențată de acțiunea mai multori factori endogeni (cum ar fi duritatea materialului, starea suprafeței etc.) și exogeni (nivelul de solicitare).

În cadrul analizelor de laborator, tehnicile de stabilire a caracterului ruperilor la oboseală sînt cunoscute; stabilirea însă a cauzelor reale care au generat starea critică (limită) întîmpină uneori dificultăți. Situația se complică în special în cazurile în care unii dintre parametrii endogeni ai piesei sînt abătuți de la valorile prevăzute în documentație. Să presupunem că s-a găsit duritatea materialului sub limita prevăzută. Constituie această abatere cauza principală a ruperii? Care este ponderea acestei abateri în producerea ruperii?

Autorul propune o metodă analitică, aproximativă, de calcul al ponderii diferitelor abateri ale parametrilor endogeni în producerea ruperii. Metoda coeficienților ponderali are la bază elementele fundamentale ale calculului rezistenței la oboseală a organelor de mașini [2].

Metoda coeficienților ponderali

Considerăm că scopul investigației îl constituie analiza unei ruperi la oboseală, provocată de solicitări alternativ simetrice. (Considerațiile sînt valabile și pentru solicitările pulsante, sau dominant pulsante care sînt cele mai frecvente solicitări întîlnite în practică).

Rezistența la oboseală a unei piese, supusă la solicitări alternativ simetrice (de întindere de exemplu), este dată de expresia [2]:

$$\sigma_{-1p} = \frac{\varepsilon\gamma}{k}\sigma_{-1} \qquad (1)$$

în care:

σ_{-1p} — reprezintă rezistența la oboseală a piesei;

ε — reprezintă factorul dimensional (subunitar) care depinde de dimensiunile secțiunii;

γ — reprezintă coeficientul de calitate a suprafeței care are diferite valori funcție de starea suprafeței (tratament și rugozitate);

k — reprezintă coeficientul efectiv de concentrare a tensiunilor (supraunitar) ce depinde de geometria variației de secțiune;

σ_{-1} — reprezintă rezistența la oboseală a materialului, a cărei valoare depinde în esență de duritatea (rezistența la rupere) materialului.

În literatura de specialitate sînt date relațiile ce stabilesc legătura dintre parametrii endogeni esențiali (duritate, geometrie, dimensiune, starea suprafeței) și factorii ε, γ, k, σ_{-1}.

Să presupunem că analizele de laborator, au stabilit abateri ale tuturor parametrilor endobeni, astfel încît relația (1) devine:

$$\sigma'_{-1p} = \frac{\varepsilon'\gamma'}{k'}\sigma'_{-1} \qquad (2)$$

în care :

$$\begin{aligned} \varepsilon' &= \varepsilon + \Delta\varepsilon \\ \gamma' &= \gamma + \Delta\gamma \\ k' &= k + \Delta k \\ \sigma'_{-1} &= \sigma_{-1} + \Delta\sigma_{-1} \end{aligned} \tag{3}$$

Experiența a arătat că în practică, abaterile $\Delta\varepsilon$, $\Delta\gamma$, Δk, $\Delta\sigma_{-1}$, sînt mici, și că putem considera :

$$\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon}, \frac{\Delta\gamma}{\gamma}, \frac{\Delta k}{k}, \frac{\Delta\sigma_{-1}}{\sigma_1} \ll 1 \tag{4}$$

înlocuind relațiile (3) în (2) se obține :

$$\sigma'_{-1p} = \frac{(\varepsilon + \Delta\varepsilon)(\gamma + \Delta\gamma)(\sigma_1 + \Delta\sigma_{-1})}{(k + \Delta k)} \tag{5}$$

care poate fie scrisă și sub forma :

$$\sigma'_{-1p} \approx \frac{(\varepsilon + \Delta\varepsilon)(\gamma + \Delta\gamma)(\sigma_{-1} + \Delta\sigma_{-1})}{k}\left(1 - \frac{\Delta k}{k}\right) \tag{6}$$

Efectuînd înmulțirile și neglijînd puterile superioare ale abaterilor, obținem

$$\sigma'_{-1p} \approx \frac{\varepsilon\gamma\sigma_{-1}}{k} + \frac{\Delta\varepsilon\gamma\sigma_{-1}}{k} + \frac{\varepsilon\Delta\gamma\sigma_{-1}}{k} + \frac{\varepsilon\gamma\Delta\sigma_{-1}}{k} - \frac{\varepsilon\gamma\sigma_{-1}\Delta k}{k^2} \tag{7}$$

Este știut că situația critică se realizează în momentul în care tensiunile induse de solicitări ating valoarea rezistenței la oboseală a piesei. Această stare se poate realiza fie prin coborîrea rezistenței la oboseală a piesei (datorată abaterilor parametrilor endogeni) pînă la valoarea tensiunii admisibile pentru piesă, fie prin depășirea nivelului de tensiuni maxime admise, deci prin suprasolicitare.

Ne vom ocupa de analiza primului caz. Definim raportul :

$$C' = \frac{\sigma'_{-1p} - \sigma_{-1p}}{\sigma_{-1p} - \sigma_{-1p\,ad}} \tag{8}$$

(în care $\sigma_{-1p\,ad}$ reprezintă tensiunea admisibilă pentru piesă), ca fiind coeficientul ponderal global, reprezentînd efectul cumulativ al abaterii tuturor parametrilor endogeni în producerea ruperii. Dacă $\sigma'_{-1p} = \sigma_{-1p\,ad}$ atunci $C' = -1$. Interpretăm acest rezultat, în sensul că abaterile parametrilor endogeni constituie singura cauză de producere a ruperii. Dacă $C' \in (-0{,}5, -1)$ considerăm că abaterile endogene constitue cauza majoră în producerea ruperii; în caz contrar, $C' \in (0, -0{,}5)$, ruperea piesei se datorează în principal suprasolicitărilor peste nivelul admis. Înlocuind (7) în (8) rezultă :

$$C' = \frac{\Delta\varepsilon\gamma\sigma_{-1}}{k}\Big/\Delta + \frac{\varepsilon\Delta\gamma\sigma_{-1}}{k}\Big/\Delta + \frac{\varepsilon\gamma\Delta\sigma_{-1}}{k}\Big/\Delta + \frac{\varepsilon\gamma\sigma_{-1}\Delta k}{k}\Big/\Delta \tag{9}$$

unde :

$$\Delta = \sigma_{-1p} - \sigma_{-1p\,ad}$$

Relația (9) se poate scrie și sub forma :

$$C' = C_\varepsilon + C_\gamma + C_{\sigma_{-1}} + C_k \tag{10}$$

în care apar expresiile coeficienților ponderali parțiali, corespunzînd abaterilor factorilor ε, γ, k, σ_{-1}.

In situația în care se găsește $C' \in (-0{,}5, -1)$ cu ajutorul relațiilor (9), (10), se poate determina care dintre abaterile constatate dețin ponderea majoră în producerea ruperii.

Metoda prezentată permite celui ce conduce investigația ruperii ca în faza sintezei datelor de laborator, să realizeze o ierarhizare a ponderii diferiților parametrilor endogeni abătuți, ce au contribuit la declanșarea ruperii în exploatare.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Geru, N.* : Teoria structurală a proprietăților metalelor. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980.

[2] *Buzdugan, Gh., Blumenfeld, M.* : Calculul de rezistență al pieselor de mașini, Editura Tehnică, București, 1979.

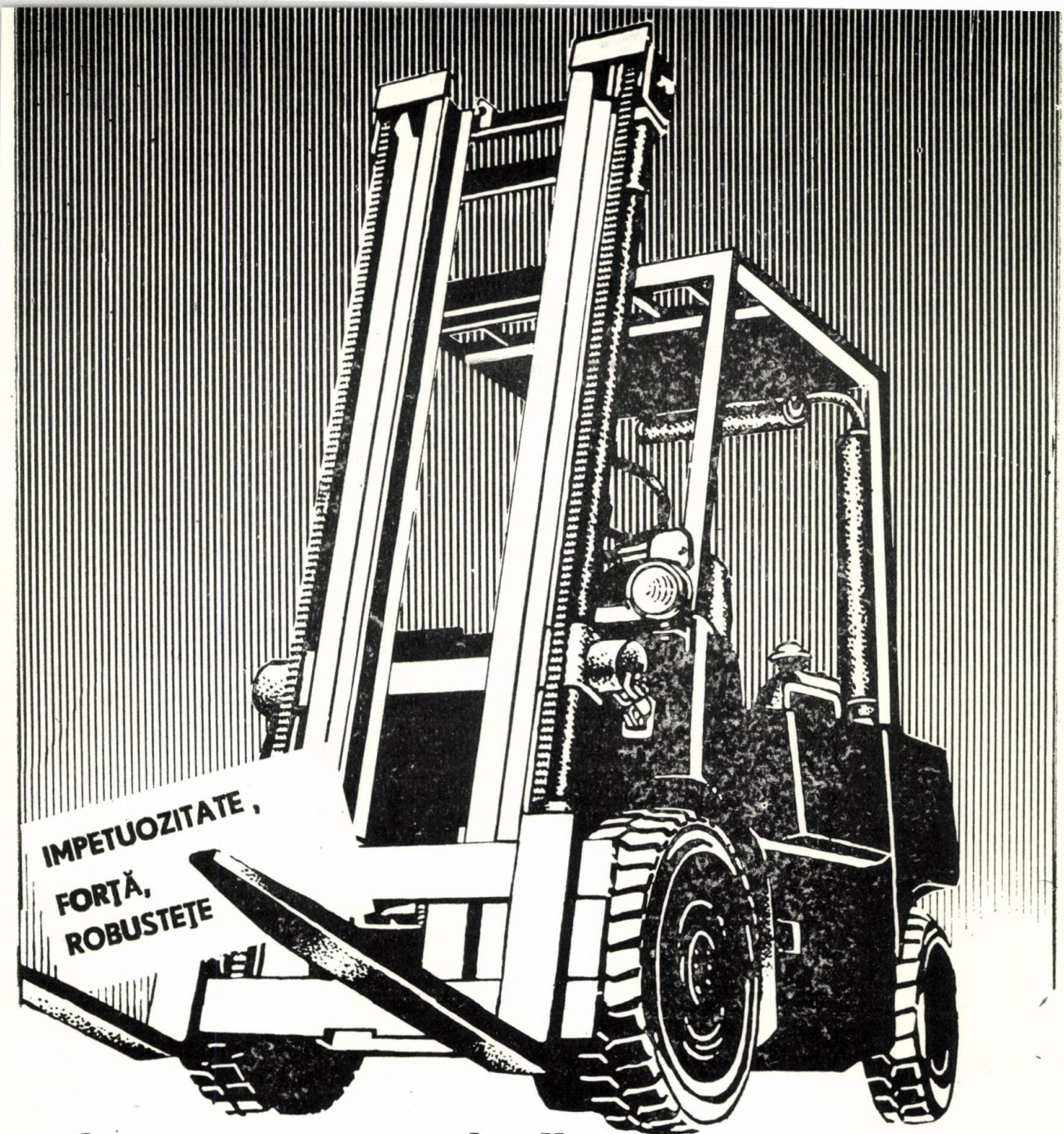
Condiții de prezentare a manuscriselor pentru revista „Construcția de mașini"

1. Textul unui articol împreună cu desenele să nu depășească 15 pag. convenționale, de 2000 semne.
2. **Dactilografierea** se execută la 2 rînduri în pag. de 2000 semne, pe hîrtie albă, pe o singură față a filei. Pagina va avea o margine albă de 3 cm lățime în stînga. Formulele se scriu foarte clar, cu semnele matematice și literele conform STAS, suficient de mari, cu tuș.
3. **Desenele** se execută în tuș pe calc, la dimensiunile între formatele A6 și A4. Dacă sînt figuri-foto, acestea nu trebuie să depășească formatul A4 și să fie foarte clare cu efectele de contrast foarte pronunțate.
4. **Toate figurile și tabelele** care însoțesc articolul trebuie menționate în text. Figurile trebuie să aibe titluri și legende și să fie însoțite de un borderou de figuri dactilografiat pe o pagină separată de textul articolului. Nu se va scrie pe nici o figură titlul și legenda ; legătura se face prin numărul lor conform borderoului separat într-un plic adecvat prezentate. În tipografie diferitele elemente ale materialului (text, borderou de figuri, bibliografii, tabele) se prelucrează în secții diferite, de aceea ele trebuie prezentate pe foi separate.
5. **Tabelele** trebuie dactilografiate pe foi separate de text (în text li se va indica doar locul ca și pentru figuri), deoarece au alt regim tipografic.
6. **Bibliografia** trebuie dactilografiată tot pe o pagină separată de text și prezentată conform STAS nr. 6158-60 și anume : **Cărți**: numele autorului, inițiala prenumelui autorului, titlul cărții (dacă este o lucrare străină se va da titlul în original, eventual traducerea în lb. română), numărul ediției în cifre arabe, numărul volumului în cifre romane, locul publicării, pagina la care se trimite sau prima și ultima pagină a fragmentului. **Periodice :** numele autorului, inițiala prenumelui autorului, titlul articolului (dacă este o lucrare străină se va da titlul în original, eventual cu traducerea în lb. română), titlul periodicului precedat de cuvîntul „In", numărul volumului sau anul de apariție (în cifre arabe) numărul de ordine al numărului de periodic, data numărului, pagina citată sau prima și ultima pagină a fragmentului citat sau a articolului întreg, după cum citează, doar o anumită pagină, fragment, sau un articol în întregime. Cînd lucrarea citată a fost tradusă în lb. română, titlul se scrie în traducere, dar cu mențiunea că lucrarea a fost tradusă și din ce limbă.
7. **Predarea la redacție** a manuscrisului dactilografiat se face în două exemplare, din care un original și o copie. Originalul este însoțit de desenele în tuș pe calc și fotografii cînd este cazul, iar cel de-al doilea exemplar este însoțit de ozalide sau xerocopii ale figurilor în calc sau de al doilea rînd de fotografii, cînd este cazul.
8. Autorul trebuie să **garanteze conținutul științific** al articolului, iar textul prezentat redacției să fie revizuit după dactilografiere, deoarece în timpul fazelor editoriale și tipografice nu îl mai revede, deci nu mai poate interveni în acest text după predarea manuscrisului.
9. Conform regulilor editoriale manuscrisele și figurile — publicate sau nu — nu se mai restituie autorului.
10. Materialele, prezentate conform regulilor de mai sus, se primesc la redacția revistei „Construcția de mașini", la următoarea adresă :

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

Redacția revistei „Construcția de mașini" Calea Victoriei 133, Sector 1, clădirea mică, parter, cod 71102 BUCUREȘTI, Oficiul poștal 22, Căsuța poștală 22—125.

11. Orice informație și referință se pot obține la telefoanele : 59.71.35 sau 50.31.30 (direct) și 50.40.90/253 sau 274, redactor șef ing. TEODOSIA OPRESCU, redactor: ȘERBAN TEODORESCU.
12. Materialul va fi însoțit — obligatoriu — de o adeverință semnată de conducerea instituției unde activează autorul, specificînd respectarea legilor în vigoare cu privire la păstrarea secretului.
13. Va fi însoțit și de **rezumatele lucrării** în lb. română, franceză, engleză, rusă și germană.



Cărucioare elevatoare stivuitoare termice

„RECORD — 2"

— mașini de bază pentru construcția de cărucioare termice care satisfac exigențele specifice ale clientului
— viteză de translație optimă
— ansamblu de ridicare cu vizibilitate mare
— posibilitatea de a lucra în construcțiile civile și economia rurală
— posibilitatea de a folosi diferite echipamente detașabile
— peste 7000 de ore de funcționare efectivă înainte de a vă gîndi la o reparație capitală
— capacitate de încărcare — pînă la 4000 kg
— înălțime de ridicare — între 2800 și 4500 mm
— transmisie hidrodinamică

balkancarimpex

CĂRUCIOARELE TERMICE „RECORD" — UN NUMĂR RECORD DE VARIANTE — 91 ! LA ALEGEREA DVS. — PROPULSIE, CAPACITATE DE ÎNCĂRCARE, ÎNĂLȚIME DE RIDICARE, ECHIPAMENTE SPECIFICE

balkancar

Uniunea economică BALKANCAR
Bulgaria, 1618 Sofia, Bd. „Deveti septemvri" 126
Telefon : 55 00 21 Telex : 22061/2

Societatea comercială BALKANCARIMPEX
Bulgaria, 1040 Sofia, Bd. „Kliment Ohridski" 18
Telefon : 75 301, Telex : 23023, 23175, 23431/2

publicom

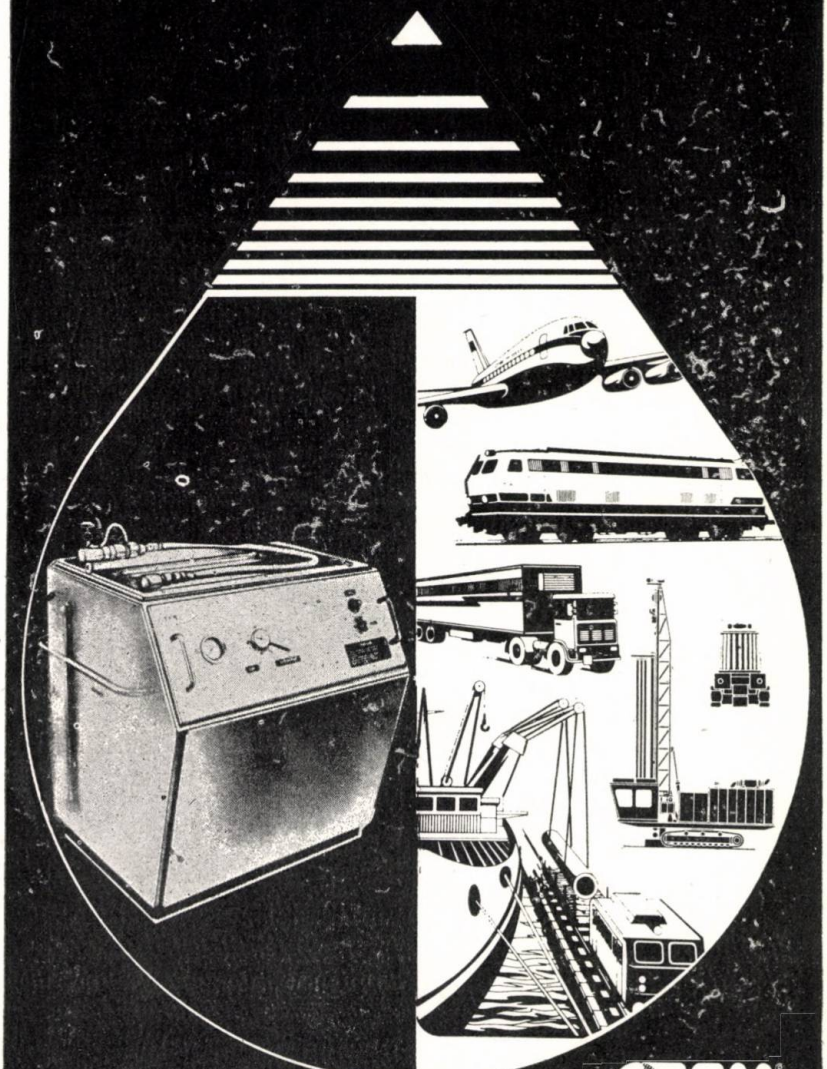
„MOTORUL DUMNEAVOASTRĂ ALIMENTAT DIETETIC"

Instalația de filtrare fină „SOG" realizează recuperarea uleiurilor, a combustibililor și a lichidelor hidraulice în vederea recirculării în fluxul de exploatare a motoarelor cu ardere internă, a pompelor, a agregatelor și a subansamblelor din domeniul mecanicii fine.

Filtrarea fină realizează la o singură filtrare îndepărtarea particulelor abrazive și metalice cu dimensiunea de peste 1 micron și, la filtrări repetate, a particulelor sub 1 micron.

Elementul de filtrare nu necesită materiale de schimb sau suplimentare.

Instalația de filtrare fină „SOG" realizează creșterea de pînă la de 6 ori a performanțelor motorului, funcție de condițiile de exploatare a acestuia.



Pentru informații scrieți pe adresa :

SOYEM

V/O TECHMASHEXPORT
U.R.S.S., 117330 Moscova
Str. Mosfilmovskaia nr. 35
Telefon : 143-86-60
Telex : 411068, 411228

PUBLICOM

POSIBILITĂȚI MULTIPLE DE UTILIZARE,
MANIPULARE UȘOARĂ, FUNCȚIONARE
ECONOMICĂ

OMNIA OFERĂ MAȘINI ȘI UTILAJE DE SUDARE

- COMPONENTELE UTILAJELOR DE SUDARE CONFORM COMENZILOR
- SEMIAUTOMATE DE SUDARE
- DISPOZITIVE DE POZIȚIONARE
- FLUXURI DE SUDARE
- ELECTROZI DE SUDARE

OMNIA

OMNIA
ÎNTREPRINDERE DE COMERȚ EXTERIOR
Dunajská 4, 814 81 Bratislava R.S.C.
Telefon : 350 111, Telex : 92226

PUBLICOM

centrozap

CENTROZAP — Societate cu răspundere limitată

oferă

un sortiment larg de aparatură de laborator pentru controlul exact al materialului, al nisipului de turnătorie și al nisipului pentru miezuri.

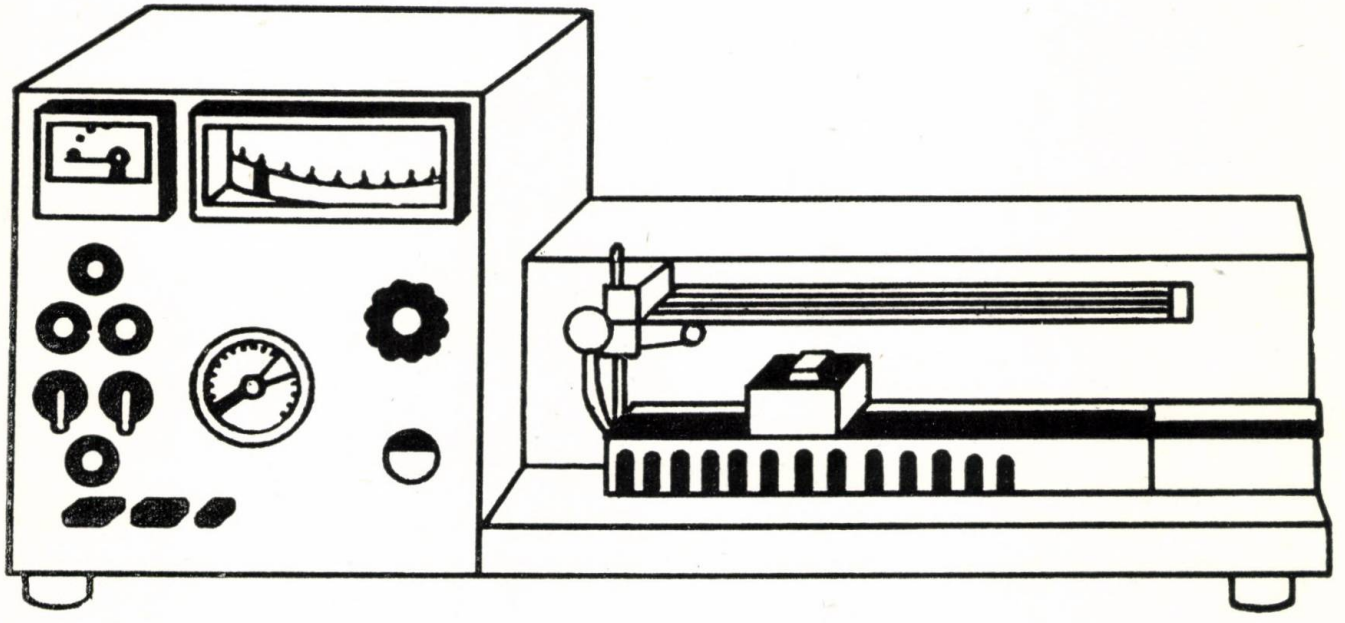
Aparatura ofertată este de inaltă calitate și se numără printre cele mai noi realizări.

Folosind această aparatură, vă imbunătățiți calitatea producției pieselor din fontă și reduceți numărul de rebuturi.

Nu intirziați — folosiți aparatura noastră !

Pentru informații detaliate adresați-vă

Societății de comerț exterior cu răspundere limitată
CENTROZAP
Mickiewicza 29
40—085 Katowice, R. P. Polonă
Telex : 0315771 cp pl



PUBLICOM

COMBINATUL DE UTILAJ GREU IAȘI — ROMÂNIA

BULEVARDUL ILIE PINTILIE Nr. 10 ; CASUȚA POȘTALĂ 2003 ;
TELEFON 981 — 3 06 20 ; TELEX 22322 ; COD 6600.

THE HEAVY EQUIPMENT PLANT IASSY — ROMANIA

No. 10, ILIE PINTILIE BLDV.
Tel 981/3 06 20 ; Tlx. 22—322
P.O.B. 2003 ; Poştal code 6600

THE PLANT IS EQUIPED WITH TECHNOLOGICAL AND MODERN MACHINERIE AND FACILITIES.

We make and deliver :

1. — QUALITY FORGINGS

the weight from 5 to 20 tons/pc, of allay and carbon steels with guaranteed mechanical characteristics after ultrasonic testing and control. You can get these forgings in a rough cut or machine — worked state with primary or secundary heat treatments :

- — Bars, axles, spindles having 160 — 2 000 mm diametre and 9 — 25 m lenghth ;
- — Flanges ;
- — Filled or drilled wheels of 400 — 2 000 mm diametre and 100 — 1 600 mm thickness ;
- — Die — blocks ;
- — Mandrel forges rings ;
- — Hallow mandrel forged parts.

2. — CAST — IRON CASTINGS

Singles or in series, the weight from 4 tons/piece to 120 tons/piece, mechanicaly machined, rough or finished, primary heat treated, in accordance with our model patterns and technology, or with the user's patterns and technology.

- — Castings equipment e.g. : ingot moulds af any type, moulding beds, hat bricks etc. ;
- — Beds for heavy machine — tools ;
- — Adamite rollers etc. ;
- — Cast-iron forged rollers, with hard crust.

3. — STEEL CASTINGS

Singles or in series of any trade mark, the weight from 0,5 t/pas roughly cast, machined or finished, primmary heat treated, in accordance with our patterns and technology, or with the user's models and technology :

- — Casting equipment for any form or dimensions ;
- — Various spare parts for the above — mentioned equipment ;
- — Common steel ingots, and special steel ingots, in off rangers ;
- — Elevators.

4. — METALURGICAL EQUIPMENT

the weight from 5 to 250 tons/pc

- — Casting ladles for metallurgy of iron ;
- — Casting ard transport waggons, casting equipments ;
- — Equipments for continous casting : crystallizing vessels (tanks), choins, rolls ;
- — Heavy equipments for rolling mills and steel plants : roll housings, shifter rods, rollers, auxiliary equipments ;
- — Converters and parts of them ;
- — Blase furnace parts : ring conduits, hat — blast mains etc. ;
- — Equipments for coke chemistry.

5. — EQUIPMENTS FOR FIREPROOF MATERIALS AND FOR BUILDING MATERIAL INDUSTRY

- — Cement mills ;
- — Grinding mills ;
- — Ore pulverizars.

6. — EQUIPMENTS FOR THE METAL PLASTIC DEFORMATION

- — Pres forging hammers, in the range 1 250 — 5 000 kgf ;
- — Mould forging hammers, of 25 000 daNm ;
- — Mould forging hammers, of 40 000 daNm.

7. — HEAVY — DUTY CENTRIFUGAL PUMPS

- — Irrigating pumps, MV, MVU, or AVR type ;
- — Pumps for nuclear power stations.

8. — EQUIPMENTS FOR OIL INDUSTRY

- — Dredge pumps, type : 2 PN—400 ;
- — Elevators.

9. — CUTTERS OF DIFFERENT FORMS AND DIMENSIONS

10. — SPARE PARTS FOR MACHINE TOOLS AND HEAVY MACHINE TOOLS

11. — TOOLS AND DEVICES OF GREAT PRODUCTIVITY FOR HIGH PERFORMANCE MACHINES

12. — CUTTING AND AUTOMATIZATION EQUIPMENT

(our design or user's) :

- — Automatization devices and equipments ;
- — Electric and hydro-pneumatic drives for all type of industrial facilities ;
- — Automatization and firing plane for heating and heat treatment furnaces ;
- — Pulse burner natural gas and their control equipment ;
- — Automatization equipment for pneumatic conveying.

13. — HEAT RESISTENT EQUIPMENT

- — Incinerators ;
- — Rotory furnaces and dryers ;
- — Heat exchanges.

14. — ENERGETIC EQUIPMENT

- — Butterfly valves ;
- — K.O.T.R. turbine 13,5 MV.

EXPORTER :

I. Mașinexportimport, București — România, str. MateiMillo, nr. 7, tel. 13 75 96, telex 112206.
II. Mecanoexportimport, București — România, str. Mihai Eminescu, nr. 10, tel. 15 46 00, telex 11269.
III. Uzinexportimport, București — România, Calea Victoriei, nr. 133, tel. 50 25 35, telex 11214.

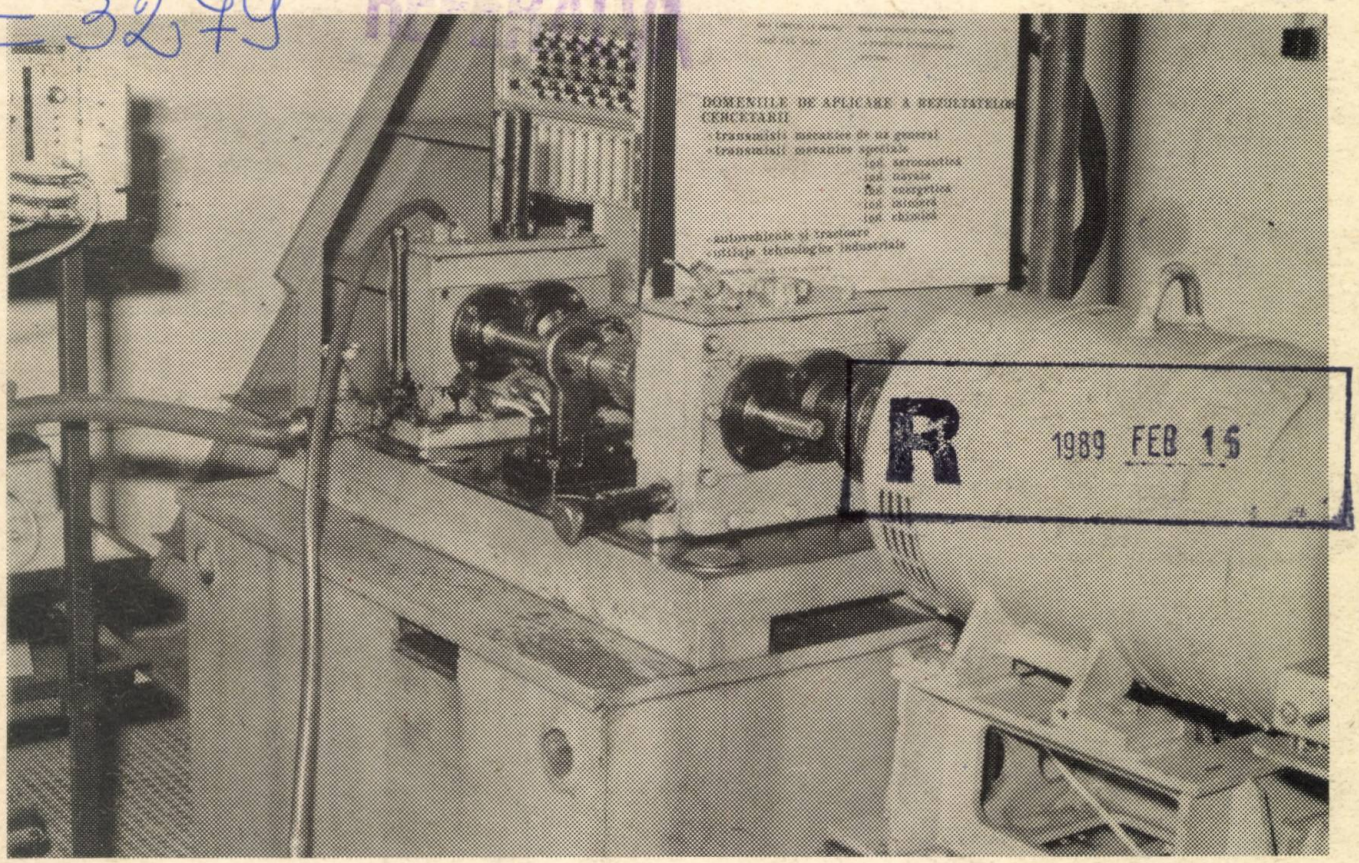
1989 AUG 17

TRIBOTEHNICA '87

A V^a CONFERINȚA
A SPECIALISTILOR ÎN FRECARE,
UNGERE ȘI UZARE

BUCUREȘTI
24-26 Sept. 1987

E 3279
GSE



CONSTRUCTIA DE MASINI

TRIBOTEHNICA '87

The 5th CONFERENCE
ON FRICTION, LUBRICATION
AND WEAR

BUCUREȘTI
24-26 Sept. 1987

11
1988

CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
EDITOR : OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ANUL XXXX, 11, noiembrie, 1988

INFORMÁCIÓS KÖNYVTÁR * 1983 * ORSZÁGOS MŰSZAKI

CUPRINS

Tribotehnica '87

DEMIAN, T., NIȚU, C. : **Influența reducerii dimensiunilor asupra frecării din lagărele pentru mecanică fină** 577

MARINCAȘ, D., IOSIF, G., BIRĂU, L. : **Program de calcul pentru determinarea indicatorilor de fiabilitate ai automobilelor** 580

SONTEA, S., NEAGU, A., TĂRĂȚĂ, DANIELA, ZAMFIRACHE, M., BĂLAN, C., TRIFAN, M. : **Contribuții la înlocuirea lagărelor din bronz cu lagăre din fier sinterizat, cu autolubrifiere** 583

CIORA, P., CORNEA, L., BRATU, C. : **Cercetări privind utilizarea unor materiale plastice (sticloplast) la realizarea lagărelor de alunecare** 586

DINU, N., COSMESCU, NADEJDEA, COSMESCU, M., NACHI, G., CRASOVSCHI, A. : **Studiu în vederea realizării, în concepție proprie, a unei noi soluții constructive de lagăr care să funcționeze în condiții de ungere săracă și utilizabil în producția de serie mică și unicate** 590

GAFIȚANU, M., ȘTIRBU, C. : **Influența geometriei asupra momentului de frecare pe elipsele de contact la rulmenții oscilanți cu role butoi, construcție „C"** 593

CRIȘAN, I., BOBANCU, Ș., COZMA, RODICA : **Metodă și instalație utilizate la determinarea frecării în rulmenții axiali** 596

DIACONESCU, E. : **Tracțiunea în contacte EHD, supuse la alunecare laterală** 599

STANCIU, ȘT., BARBU, E. : **Considerente privind determinarea capacității portante a transmisiilor de tip șurub cu role** 603

POPOVICI, C., BĂLĂCEANU, M., NICULAE, GH., TUDOR, I., POPESCU, A. : **Studiul proprietăților tribologice ale straturilor subțiri de nitrură de titan, depuse prin placare ionică** 608

CEPTUREANU, G. : **Instalație și procedeu simulativ rapid pentru determinarea uzurii și a fiabilității cuzineților, bielelor și bolțurilor pe blocul motor de destinație** 612

MARINCAȘ, D., IOSIF, G., LUCHIAN, C., BIRĂU, L. : **Calculul necesarului de piese de schimb pe baza indicatorilor de durabilitate ai automobilelor** 615

NEGRIU, R., TUDOR, I. : **Durificarea pistoanelor plunger, prin încărcare în jet de plasmă, cu pulberi ceramice românești** 619

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului Științific al Institutului Central pentru Construcții de Mașini

Redactor șef : ing. Teodosia Oprescu
Redactor : Șerban Teodorescu
Coordonator : Dr. ing. Gabriela Crișan

SUMARE

CZ : 621—233
621.822

Demian, T., Niţu, C.: **Influenţa reducerii dimensiunilor asupra frecării din lagărele pentru mecanică fină**

Articolul prezintă influenţa reducerii dimensiunilor asupra frecării din lagărele de mecanică fină (de alunecare, ori rostogolire), lubrificate sau nu. Pe baza similitudinii, sînt determinaţi coeficienţii de reducere a dimensiunilor, pentru lagăre cilindrice, conice şi rulmenţi. Pentru lagărele cilindrice de alunecare este studiată şi corelaţia dintre dimensiuni şi vîscozitatea lubrifiantului.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 11, 5 fig., 2 tab., 2 ref. bibl.

CZ : 658.562 ; 621.004.64 : 629.113/.114

Marincaş, D., Iosif, G., Birău, L.: **Program de calcul pentru determinarea indicatorilor de fiabilitate ai automobilelor**

Se propune un sistem de prelucrare a datelor culese din explaotare, privind fiabilitatea şi disponibilitatea autovehiculelor rutiere, prin utilizarea unor programe de calcul ce permit determinarea indicatorilor respectivi, pe baze statistice-probabilistice. În încheiere, sînt prezentate cîteva rezultate obţinute pe autoutilitarele TV (14 şi 15), echipate cu motoare ARO L-27 [3].

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 11, 1 fig., 5 ref. bibl.

CZ : 621.762 : 669.018.24 : 621—233
621.822

Şontea, S., Neagu, A., Tărâţă, Daniela, Zamfirache, M., Bălan, C., Trifan, M.: **Contribuţii la înlocuirea lagărelor din bronz cu lagăre din fier sinterizat, cu autolubrifiere**

Lucrarea prezintă rezultatele cercetărilor efectuate la Universitatea din Craiova, în legătură cu înlocuirea lagărelor din bronz turnat, cu lagăre din aliaj fier-cupru sinterizate, precum şi valorificarea acestor rezultate în producţie, la o întreprindere textilă şi una constructoare de strunguri. Datorită calităţilor superioare ale lagărelor sinterizate, precum şi eficienţei tehnico-economice sporite, soluţia poate fi extinsă în industria uşoară şi în fabricarea de maşini-unelte mici şi mijlocii.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 11, 6 fig., 10 ref. bibl.

CZ : 621.893 : 679.5

Ciora, P., Cornea, L., Bratu, C.: **Cercetări privind utilizarea unor materiale plastice (sticloplast) la realizarea lagărelor de alunecare**

Autorii propun folosirea unui material compozit antifricţiune, pentru confecţionarea lagărelor de alunecare ale turbinelor hidraulice. Noul material — sticloplast — este comparabil, din punct de vedere tribologic — cu bronzurile, teflonul şi poliamidele. Utilizarea acestui material asigură reducerea consumului de materiale deficitare şi o fiabilitate ridicată subansamblelor unde este folosit.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 11, 3 fig., 2 tab., 9 ref. bibl.

CZ : 621—233
621.822

Dinu, N., Cosmescu, Nadejdea, Cosmescu, M., Nachi, G., Crasovschi, A.: **Studiu în vederea realizării în concepţie proprie a unei noi soluţii constructive de lagăr care să funcţioneze în condiţii de ungere săracă şi utilizabil în producţia de serie mică şi unicate**

Lucrarea reprezintă un studiu tribologic preliminar, efectuat în vederea găsirii unor noi materiale antifricţiune, capabile să-şi păstreze proprietăţile şi în condiţii de ungere săracă (regim de frecare la limită şi mixt), de exemplu, la pornirea sau oprirea instalaţiilor la care sistemul de ungere nu este cu acţionare independentă. Varianta constructivă propusă, valabilă pentru producţia de unicate şi serie mică de lagăre, constă în aplicarea unui strat de aliaj antifricţiune pe o bucşă suport din oţel (prin termo-pulverizare), urmată de un tratament de suprafaţă corespunzător, soluţie folosită în prezent la ghidajele cilindrice de la maşinile de interţesere din dotarea Intreprinderii „Siderma" Bucureşti.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 11, 2 fig.

CZ : 531.43/.46

Gafiţanu, M., Ştirbu, C.: **Influenţa geometriei asupra momentului de frecare pe elipsele de contact la rulmenţii oscilanţi cu role butoi, construcţie „C"**

Este evaluată influenţa diverşilor parametri geometrici asupra momentului de frecare de pe elipsele de contact ale celor două căi de rulare. Programul de calcul prezentat permite determinarea dimensiunilor a şi b ale elipselor de contact, a rigidităţii, a deformaţiilor şi a momentului de frecare pe elipsă. Se recomandă modificări constructive faţă de tehnologia standard.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 11, 4 fig., 3 ref. bibl.

CZ : 531.431/.46 ; 621.822

Crişan, I., Bobancu, Ş., Cozma, Rodica: **Metodă şi instalaţie utilizate la determinarea frecării în rulmenţii axiali**

Metodă propusă constă în încărcarea rulmentului cu sarcină constantă şi măsurarea momentului de frecare din rulment utilizînd principiul rezistiv. Sînt precizate metodica de măsurare şi modul de lucru.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 11, 2 fig., 1 tab., 5 ref. bibl.

CZ : 531.43/.46 : 621.892 : 621—58

Diaconescu, E.N.: **Tracţiunea în contacte EHD, supuse la alunecare laterală**

Sînt prezentate rezultatele experimentale de tracţiune pe contacte EHD, supuse la alunecare laterală, evidenţiindu-se influenţa lubrifiantului considerat vîscos, elastic sau perfect elastic. Analitic, sînt determinaţi coeficienţii de tracţiune pentru cele trei cazuri.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 11, 3 fig., 5 ref. bibl.

CZ : 621.882 : 621—235 : 621—85

Stanciu, Şt., Barbu, E.: **Considerente privind determinarea capacităţii portante a transmisiilor de tip şurub cu role**

În lucrare este prezentat un model matematic pentru determinarea capacităţii dinamice a şuruburilor cu role, printr-o similitudine cu rulmenţii radial-axiali cu role. Pe baza relaţiei deduse, sînt analizate influenţele parametrilor geometrici asupra capacităţii determinate. Articolul constituie o contribuţie utilă la o bibliografie necesară proiectării transmisiilor de tip şurub cu role.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 11, 9 fig., 1 tab., 3 ref. bibl.

CONTENTS

DC : 621—233
621.822

Demian, T., Nițu, C.: **The influence of the dimension decrease upon the friction in fine mechanics bearings**

The paper presents the influence of the dimension decrease upon the friction of fine mechanics slide or rolling-friction bearings, when lubricated or not. By comparison, the scale coefficients of decreased energy losses are calculated, depending on the dimension decrease coefficient, for cylindrical and conical bearings and ball-bearings. For cylindrical sliding bearings, the correlation between dimensions and the lubricant viscosity is also considered.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 11, 5 fig., 2 tables, 2 bibl. reff.

DC : 658.562 : 621.004.64 : 629.113/.114

Marincaș, D., Iosif, G., Birău, L.: **Computer program for the estimation of the motor car reliability parameters**

This paper proposes a computer program for processing opperation collected data, with a view to establishing the durability and reliability parameters of motor vehicles by using computer programs permitting the establishement of these parameters on statistics — probability basis. As a conclusion, several results obtained on the motor vehicles TV (14 and 15) equiped with ARO L—27 [3] engines, are presented.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 11, 1 fig., 5 bibl. reff.

DC : 621.762 : 669.018.24 : 621—233
621.822

Șontea, S., Neagu, A., Tărâță, Daniela, Zamfirache, M., Bălan, C., Trifan, M.: **Contribution to the replacement of the moulded bronze bearings by agglutinated copper-iron alloys**

The work shows the results of the researches, made by Craiova University, concerning the replacement of the moulded bronze bearings by agglutinated copper-iron alloys, as well as the evaluation of these results in production (in a textile enterprise and in a lathe building one). Due to the better quality of the sintered bearings, as well as to their higher technical and economic efficiency, this solution could be extended and used in light industry and in the small and medium-sized machine-tools engineering as well.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 11, 6 fig., 10 bibl. reff.

DC : 621.893 : 679.5

Ciora, P., Cornea, L., Bratu, C.: **Research concerning the use of some plastic materials — sticloplast — in slide bearings engineering**

The authors consider the use of a compounded antifrictional material in building the slide bearings for hydraulic turbines. The new material — sticloplast — is tribologically comparable to bronze, polytetrafluor-ethylene, polyamides. To use this material means a lower scarce material consumption and a high reliability for the sub-assemblies it is used for.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 11, 3 fig., 2 tables, 9 bibl. reff.

DC : 621—233
621.822

Dinu, N., Cosmescu, Nadejdea, Cosmescu, M., Nachi, G., Crasovschi, A.: **A study concerning the achievement under own conception of a new design of bearing which should opperate under poor lubrication conditions and could be used in the small series and one-unit production**

The paper is a tribological study in view to finding new antifriction materials able to keep their characteristics under poor lubrication conditions (mixed and boundary lubrication) — as the starting or stopping of installations whose lubrication system is not independentely operated. This technology, used mostly for small series or one-unit production of bearings, consists in applying (by thermopulverization) an antifriction alloy laver on a steel support sleeve, followed by a proper surface treatment. This technology is used at present for the cylindrical slides of the intersewing machines (Siderma Enterprise — Bucharest).

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 11, 2 fig.

DC : 531.43/46

Gafițanu, M., Știrbu, C.: **The geometry influence of the friction torque on the contact ellipsis at the „C" oscilant spherical bearings**

This paper considers the influence of several geometrical parameters on the friction torque on the contact ellipsis of the two bearing races. The evaluation program allows the establishement of *a* and *b* dimensions of the contact ellipsis, the rigidity, the deformations and the friction torque on the ellipsis. Design adjustments are recommended to the standard technology.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 11, 4 fig., 3 bibl. reff.

DC : 531.43/.46 : 621.822

Crișan, I., Bobancu, Ș., Cozma, Rodica: **Method and equipment for the determination of friction in axles bearings**

The method consists in the loading of the bearing with a steady load and the measuring of the friction torque in the bearing using the resistive principle. The measurement and operating methods are presented.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 11, 2 fig., 1 table, 5 bibl. reff.

DC : 531.43/.46 : 621.822 ; 621—58

Diaconescu, E.N.: **Traction in EHD contacts with side slip**

The paper presents experimental results of traction in EHD contacts with side slip, stressing the influence of the lubricant (viscous, elastic or perfectly elastic). The traction coefficient for all three cases are analytically determined.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 11, 3 fig., 5 bibl. reff.

DC : 621.833 ; 631—235 : 621—85

Stanciu, Șt., Barbu, E.: **The determining of the load capacity of the recirculating screw and nut rollers**

The paper presents a mathematical model for determining the load capacity of the screw and nut rollers, by a similitude with the radial-axial rolling bearings. The geometric parameters influence upon the determined capacity are further analyzed. The paper is a useful contribution to a bibliography for designing recirculating screw and nut rollers.

Construcția de mașini, 40 (1988), no. 11, 9 fig., 1 table, 3 bibl. reff.

SOMMAIRES

CD : 621—233
621.822

Demian, T., Niţu, C. : **L'influence exercée par la réduction des dimensions sur le frottement des paliers pour la mécanique de précision**

Cet article présente l'influence exercée par la réduction des dimensions sur le frottement des paliers pour la mécanique de précision (de glissement ou de roulement), lubrifiés ou non. En vertu de la similitude, on détermine les coefficients de réduction des pertes par frottement, en fonction du coefficient de réduction des dimensions, pour les paliers cylindriques, coniques et les roulements. Pour les paliers cylindriques de glissement, on étudie aussi la corrélation existant entre les dimensions et la viscosité du lubrifiant.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 5 fig, 2 tabl., 2 réf.

CD : 658.562 : 621.004.64 : 629.113/.114

Marincaş, D., Iosif, G., Birău, L. : **Programme de calcul pour la détermination des indicateurs de fiabilité des voitures**

On propose un système de traitement des données cueillies dans l'exploitation, concernant la fiabilité et la disponbilité des véhicules automobiles routiers par l'utilisation de programmes de calcul permettant de déterminer les indicateurs respectifs, sur des bases satistiques-probabilistiques. On presénte, finalement, une série de résultats obtenus avec les voitures TV (14 et 15) équipées de moteurs ARO L-27 [3].

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 1 fig., 5 réf.

CD : 621.762 : 669.018.24 : 621—233
621.822

Şontea, S., Neagu, A., Tărâţă, Daniela, Zamfirache, M., Bălan, C., Trifan, M. : **Contributions au remplacement des paliers en bronze par des paliers en fer fritté, à autolubrifiication**

L'ouvrage présente les résultats des recherches effectuées à l'Université de Craiova au sujet du remplacement des paliers de bronze coulé par des paliers en alliage fer-cuivre (obtenu par frittage), ainsi qu'à la valorisation de ces résultats à la production d'une entreprise textile et d'une entreprise constructrice de tours. Grâce à la qualité supérieure des paliers frittés, ainsi gu'à l'efficience technico-économique accrue, cette solution peut être appliquée dans l'industrie légère et à la fabrcation des machines-outils petites et moyennes.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 6 fig., 10 réf.

CD : 621.893 : 679.5

Ciora, P., Cornea, L., Bratu, C. : **Recherches concernant l'utilisation de matières plastiques (sticloplast) à la réalisation des paliers de glissement**

Les auteurs proposent l'utilisation d'un matériau composite anti-friction à la confection des paliers de glissement des turbines hydrauliques. Du point de vue tribologique, ce nouveau matériau — sticloplast — est comparable aux bronzes, au teflon et aux polyamides. L'utilisation de ce matériau permet de réduire la consommation de matériaux déficitaires tout en haussant la fiabilité des sous-esembles respectifs.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 3 fig., 2 tabl., 9 réf.

CD : 621—233
621.822

Dinu, N., Cosmescu, Nadejdea, Cosmescu, M., Nachi, G., Crasovschi, A. : **Etude visant la réalisation, selon la conception propre, d'une solution constructive de palier capable de fonctionner dans des conditions de graissage faible et utilisable à la production de petite série ou de pièces uniques**

L'ouvrage représente une étude tribologique préliminaire, effectuée en vue de trouver de nouveaux matériaux anti-friction, capables de conserver leurs propriétés dans des conditions de graissage faible (régime de friction à la limite et mixte), par exemple, au démarage et à l'arrêt des installations dont le système de graissage n'est pas à actionnement indépendant. La variante constructive proposée, valable pour la production de pièces uniques et de petite série de paliers, consiste en l'application d'une couche d'alliage antifriction sur un manchon support en acier (par thermopulvérisation), suivie d'un traitement de surface correspondant ; cette solution est utilisée à présent aux quidages cylindriques des machines d'auto-tissage de l'entreprise Siderma de Bucarest.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 2 fig.

CD : 531.43/.46

Gafiţanu M., Ştirbu, C. : **Influence de la géométrie sur le moment de friction sur les ellipses de contact des roulements oscillants à rouleaux bombés, construction „C"**

Les auteurs évaluent l'influence exercé par les divers paramètres géométriques sur le moment de friction sur les ellipses de contact des deux voies de roulement. Le programme de calcul présenté permet de déterminer les dimensions *a* et *b* des ellipses de contact, la rigidité, les déformations et le moment de friction sur l'ellipse. On recommande des modifications constructives par rapport à la technologie standard.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 4 fig., 3 réf.

CD : 531.43/.46 : 621.822

Crişan, I., Bobancu, Ş., Cozma, Rodica : **Méthode et installation utilisées à la détermination de la friction dans les roulements axiaux**

La méthode proposée consiste à charger le roulement avec une charge constante et à mesurer le moment de friction du roulement, en utilisant le principe résistif. On précise la méthodologie de mesure et le mode de travail.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 2 fig., 1 tabl., 5 réf.

CD : 531.43/.46 : 621.892 : 621—58

Diaconescu, E.N. : **La traction dans les contacts EHD soumis au glissement latéral**

On présente les résultats expérimentaux de traction sur contacts EHD soumis au glissement latéral, en mettant en évidence l'influence du lubrifiant considéré visqueux, élastique ou parfaitement élastique. On détermine, analytiquement, les coefficients de traction pour les trois cas.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 3 fig., 5 réf.

CD : 621.882 : 621—235 : 621—85

Stanciu, Şt., Barbu, E. : **Considérations concernant la détermination de la capacité portante des transmissions de type vis à rouleaux**

L'ouvrage présente un modèle mathématique pour déterminer la capacité dynamique des vis à rouleaux, par similitude avec les roulements radiaux-axiaux à rouleaux. En vertu de la relation déduite, on analyse les influences des paramètres géométriques sur la capacité déterminée. Cet article constitue une contribution utile à une bibliographie nécessaire à l'élaboration du projet des transmissions de type vis à rouleaux.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 9 fig., 1 tabl., 3 réf.

INHALTSVERZEICHNIS

DK : 621—233
621.822

Demian, T., Nițu, C.: **Der von der Verminderung der Abmessungen auf die Reibung in den Lagern für den Bedarf der Feinmechanik ausgeübte Einfluß**

Im Beitrag wird der von der Verminderung der Abmessungen auf die Reibung in den eingeschmierten oder nicht eingeschmierten, für den Bedarf der Feinmechanik bestimmten Lagern (Gleit — oder Wälzlagern) ausgeübte Einfluß beschrieben. Die Koeffizienten der Minderung der durch Reibung entstandenen Verluste werden in Abhängigkeit von der Verminderung der Abmessungen für die Zylinderrollen —, Kugelrollen — und Wälzlager aufgrund der Ähnlichkeit ermittelt. Für die Zylindergleitlager wird auch die Wechselbeziehung zwischen den Abmessunauch die Wechselbeziehung zwischen den Abmessunsucht.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 11, 5 Fig., 2 Tab., 2 Lit.

DK : 658.562 : 621.004.64 : 629.113/.114

Maincaș, D., Iosif, G., Birău, L.: **Ein Berechnungsprogramm zur Bestimmung der Kfz-Betriebssicherheitskennwerte**

Vorgeschlagen wird ein System zur Bearbeitung der während des Betriebs erfaßten Daten, die sich auf die Betriebssicherheit und die Verfügbarkeit der Kfz beziehen unter Anwendung von Berechnungsprogrammen, die die Bestimmung der betreffenden Kennwerte auf statistischer und Wahrscheinlichkeitsgrundlage ermöglichen. Abschließend werden einige Ergebnisse veröffentlicht, die für die mit Motoren ARO L-27 [3] bestückten TV-Nutzfahrezeuge (14 und 15) erzielt worden sind.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 11, 1 Fig., 5 Lit.

DK : 621.762 : 669.013.21 : 621—233
621.822

Șontea, S., Neagu, A., Tărâță, Daniela, Zamfirache, M., Bălan, C., Trifan, M.: **Einige Beiträge im Hinblick auf das Ersetzen der Wälzlager aus Bronze durch selbstschmierenden Wälzlager aus gesintertem Eisen**

Im Beitrag werden die Ergebnisse der bei der Universität in Craiava durchgeführten Untersuchungen veröffentilicht im Hinblick auf das Ersetzen der aus Bronze gegossenen Wälzlager durch Wälzlager aus einer Eisen-Kupfer-Legierung (die im Sinterverfahren erzielt wurde) wie auch die Verwertung dieser Ergebnisse in der Produktion in einem Textil — und bzw. einem Drehmaschinenbetrieb. Diese Lösung ist — durch die hochwertigen Eigenschaften der gesinterten Wälzlager und den höheren wirtschaftlich-technischen Wirkungsgrad — in der Leichtindustrie wie auch in der Fertigung kleiner und mittelgroßen Werkzeugmaschinen anwendbar.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 11, 6 Fig., 10 Lit.

DK : 621.893 : 679.5

Ciora, P., Cornea, L., Bratu, C.: **Einige Untersuchungen im Hinblick auf die Verwendung von Plasten (Sticloplast) in der Herstellung der Gleitlager**

Die Verfasser schlagen die Verwendung eines reibsicheren Verbundwerkstoffes vor für die Herstellung der für Wasserturbinen erforderlichen Gleitlager. Der neue Werkstoff — Sticloplast — ist tribotechnisch ist mit den Bronzen, dem Polyflouräthylenfaserstoff (Teflon) und den Polyamiden vergleichbar. Die Verwendung dieses Werkstoffes sichert die Herabsetzung des Verbrachs an mangelnden Werkstoffen wie auch eine hochwertige Betriebssicherheit der Bauteile für deren Herstellung er verwendet wird.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 11, 3 Fig., 2 Tab., 9 Lit.

DK : 621—233
621.822

Dinu, N., Cosmescu, Nadejdea, Cosmescu, M., Nachi, G., Crasovschi, A.: **Eine Studie hinsichtlich der Ausarbeitung nach eigener Auffassung einer neuen Baulösung eines Lagers, das bei Verlustschmierung funktionieren und in der Einzel — und Serienfertigung anwendbar sein soll**

Der Beitrag stellt eine vorbereitende tribotechnische Studie dar, die zur Ermittlung neuer, reibsicherer Werkstoffe durchgeführt wurde, Werkstoffe die fähig sind, ihre Eigenschaften auch bei Verlustschmierung (bei gemischter und in Grenzwerten gehaltener Reibung) beizubehalten, z.B. beim Anlassen und Einstellen der Anlagen deren Schmierungssystem nicht unabhängig angetrieben wird. Die vorgeschlagene Bauvariante, die für die Einzel — und Serienfertigung von Lagern geeignet ist, besteht im Auftragen einer reibsicheren Schicht (im Thermo-Sprühverfaren) auf eine Trägerbüchse aus Stahl, dem eine entsprechende Nachbehandlung folgt. Diese Lösung wird zur Zeit bei den zylindrischen Führungen der Durchwebmaschinen aus der Ausstattung des Siderma-Betriebs in Bukarest angewandt.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 11, 2 Fig.

DK : 531.43/.46

Gafițanu, M., Știrbu, C.: **Der von der Geometrie auf den Reibungsmoment an den Kontaktellipsen der Doppel-Pendelrollenlager in „C" — Ausführung ausgeübte Einfluß**

Bewertet wird der von den verschiedenen geometrischen Parametern auf den Reibungsmoment an den Kontaktellipsen den beiden Laufbehnen ausgeübte Einfluß. Der veröffentlichte Rechnungsprogramm ermöglicht die Bestimmung der a — und b — Abmessungen der Kontaktellipsen, der Starrheit, der Verformungen und des an der Ellipse entstandenen Reibungsmoments. Es werden auch einige Bauveränderungen gegenüber der Standardtechnologie empfohlen.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 11, 4 Fig., 3 Lit.

DK : 531.43/.46 : 621.822

Crișan, I., Bobancu, Ș., Cozma, Rodica: **Methode und Anlage zur Bestimmung der in den Axiallagern entstandenen Reibung**

Die vorgeschlagene Methode besteht in der Belastung des Lages mit einer konstanten Last und in der Messung des Reibungsmoments im Lager unter Anwendung des Resistivprinzips. Beschrieben werden die Messungsmethodik und die Arbeitsweise.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 11, 2 Fig., 1 Tab., 5 Lit.

DK : 531.43/.46 : 621.892 : 621—53

Diaconescu, E.N.: **Die Zugkraft in den EHD — Kontakten, die dem seitlichen Gleiten ausgesetzt sind**

Präsentiert werden die Ergebnisse der Zugversuche auf EHD — Kontakten, die dem seitlichen Gleiten ausgesetzt sind ; dabei wird der Einfluß des als zähflüssig, elastich oder perfekt elastisch betrachteten Schmiermittels betont. Die Zugkoeffizienten für die drei Fälle werden analytisch bestimmt.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 11, 3 Fig., 5 Lit.

DK : 621.882 : 621—235 : 621—85

Stanciu, Șt., Barbu, E.: **Einige Betrachtungen im Hinblick auf die Bestimmung der Tragfähigkeit der Getriebe vom Typ Rollenschraube**

Im Beitrag wird ein mathematisches Modell zur Bestimmung der dynamischen Tragfähigkeit der Rollenschrauben durch die Ahnlichkeit mit den Radial-Axial-Rollenlagern beschrieben. Aufgrund der ermittelten Gleichung werden die Einflüsse der geometrischen Parameter auf die bestimmte Tragfähikeit ermittelt. Der Artikel stellt einen nützlichen Beitrag zur Bibliographie für das Entwerfen der Getriebe vom Typ Rollenschraube dar.

Construcția de mașini, 40 (1988), Nr. 11, 9 Fig., 1 Tab., 3 Lit.

СОДЕРЖАНИЕ

ДК : 621-233 ; 621-822

Демян Т., Ницу Ч. : *Влияние уменьшения размеров на трение в подшипниках для точной механики*

В статье рассматривается влияние уменьшения размеров на трение в подшипниках точной механики (скольжения или качения), со смазкой или без нее. На основе сходства определены коэффициенты снижения потерей в результате трения в зависимости от коэффициента уменьшения размеров для цилиндрических, конических подшипников и подшипников качения. Для цилиндрических подшипников скольжения рассматривается и соотношение между размерами и вязкостью смазочного материала.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 11, 5 рис., 2 табл., 2 лит.

ДК : 658.562 : 621.004.64 : 629.113/.114

Маринкаш Д., Ёсиф Г., Бирэу Л. : *Расчетная программа для определения показателей надежности автомобилей*

Предлагается система обработки данных по надежности и возможностям дорожных автомобилей путем использования расчетных программ, позволяющих определить данные показатели на вероятностатистических основах. В конце работы приведены несколько результатов, полученных на утилитарных автомобилях типа TV (14 и 15), оснащенных двигателями ARO L—27 [3].

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 11, 1 рис., 5 лит.

ДК : 621.762 : 669.018.24 : 621-233 ; 621.822

Шонтя С., Нягу А., Тэрыцэ Даниела, Замфираке М., Бэлан К., Трифан М. : *Вклад в замену бронзовых подшипников самосмазывающими подшипниками из спеченного железа*

В работе приведны результаты исследований, проведенных в Университете в городе Крайова, по замене подшипников из отлитой бронзы подшипниками из сплава железо-медь (полученного спеканием), а также использование этих результатов в производстве на текстильном предприятии, а также на предприятии по производству токарных станков. Благодаря высоким храктеристикам спеченных подшипников, а также их повышенной технико-экономической эффективности, данное решение можно распространить в легкой промышленности при производстве малогабаритных и среднегабаритных станков.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 11, 6 рис., 10 лит.

ДК : 621.893 : 679.5

Чёра П., Корня Л., Брату К. : *Исследования по использованию некоторых пластмассовых магериалов (стеклопласт) в подшипниках скольжения*

Авторы предлагают использование антифрикционного композита при создании подшипнков скольжения гидротурбин. Новый материал — стеклопласт — сравнимый с трибологической точки зрения, с бронзой, тефлоном и полиамидами. Использование этого материала обеспечивает снижение расхода дефицитных материалов и высокую надежность узлов, в составе которых он используется.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 11, 3 рис., 2 табл., 9 лит.

ДК : 621-233 ; 621.822

Дину Н., Космеску Надежда, Космеску М., Наки Г., Красовски А. : *Исследование в области создания по собственной концепции нового конструктивного решения подшипника, работающего в условиях малоколичественной смазки используемого в уникальном и малосерийном производстве*

Работа представляет собой предварительное трибологическое исследование, проведенное в целях нахождения новых антифрикционных материалов, способных сохранить свои свойства и в условиях малоколичественной смазки (режим граничного и смешанного трения), например при пуске или остановке установок, система смазки которых не имеет самостоятельный привод. Предложенное конструктивное решение, пригодное для уникального и мелкосерийного производства подшипников заключается в нанесении слоя из антифрикционного сплава на опорную втулку из стали (термическим напылением), после чего осуществляется соответствующая поверхностная обработка. Такое решение используется в настоящее время для цилиндрических подшипников межткацких машин Предприятия СИДЕРМА — Бухарест.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 11, 2 рис.

ДК : 531.43/.46

Гафицану М., Штирбу К. : *Влияние геометрии на момент трения на контактных эллипсах самоустанавливающихся подшипников с бочкообразными роликами «С»-образной конструкции.*

Рассматривается влияние различных геометрических параметров момента трения на контактных эллипсах двух дорожек качения. Приведенная программа расчета позволяет определить размеры *а* и *б* контрактных эллипсов, жесткости, деформаций и момента трения на эллипсе. Рекомендуются конструктивные изменения по отношению к стандартной технологии.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 11, 4 рис., 3 лит.

ДК : 531.43/46 : 621.822

Кришан И., Бобанку Ш., Козма Родика : *Метод и установка, используемые при определении трения в упорных подшипниках.*

Предложенный метод заключается в приложении на подшипник постоянной нагрузки и измерении момента трения в подшипнике используя принцип сопротивления. Уточняются методика измерения и способ работы.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 11, 2 рис., 1 табл., 5 лит.

ДК : 531.43/46 : 621.892 : 621-58

Диаконеску Е.Н. : *Сила тяги в контактах EHD, подвергаемых боковому скольжению*

Приведены экспериментальные результаты испытаний на силу тяги в контактах EHD, подвергаемых боковому скольжению отмечая влияние смазки, считаемой вязкой, эластической или совершенно эластической. Аналитически определены коэффициенты тяги для трех случаев.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 11, 3 рис., 5 лит.

CZ : 621.893 : 620.197

Popovici, C., Bălăceanu, M., Niculae, Gh,. Tudor, I., Popescu, A.: **Studiul proprietăţilor tribologice ale straturilor subţiri de Ti N (nitrură de titan) depuse prin placare ionică**

Rezultatele obţinute au evidenţiat rolul important al condiţiilor de placare pentru formarea unor straturi de nitrură de titan de calitate superioară. În acest fel, sînt clar definite domeniile optime de valori ale tensiunii de polarizare a substratului (3—5 kW) şi respectiv, ale debitului de azot (14—15 l/h). Prin placare cu nitrură de titan, o serie de repere din industria extractivă, solicitate intens la uzură şi eroziune, au înregistrat-o o creştere apreciabilă a duratei de viaţă.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 11, 8 fig., 2 tab., 3 ref. bibl.

CZ : 004.6 : 621—2 : 621.431

Ceptureanu, G.: **Instalaţie şi procedeu simulativ rapid pentru determinarea uzurii şi a fiabilităţii cuzineţilor, bielelor şi bolţurilor pe blocul motor de destinaţie**

Nouă instalaţie permite încercarea organelor motorului fără combustie internă, acţionarea fiind asigurată de un electromotor. Frecvenţa de lucru poate fi variată, iar încărcarea se realizează printr-un sistem hidraulic.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 11, 3 fig., 1 ref. bibl.

CZ : 621—772 : 629.113—2

Marincaş, D., Iosif, G., Luchian, C., Birău, L.: **Calculul necesarului de piese de schimb, pe baza indicatorilor de durabilitate ai automobilelor**

Articolul prezintă o metodă de calcul şi o nomogramă pentru determinarea necesarului de piese de schimb, pornind de la funcţia de restabilire, pentru două tipuri caracteristice de căderi (defectări):

— progresive — produse ca rezultat al uzării ;

— bruşte (instantanee) — apărute, cel mai des datorită depăşirii condiţiilor de rezistenţă a pieselor, defectelor de material, ori erorilor de proiectare şi fabricare.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 11, 2 fig., 1 tab., 5 ref. bibl.

CZ : 621.762

Negriu, R., Tudor, I.: **Durificarea pistoanelor plunger, prin încărcare în jet de plasmă, cu pulberi ceramice româneşti**

Articolul prezintă experienţa obţinerii şi testării unei reţete de pulbere ceramică românească, în domeniul durificării prin metalizare în jet de plasmă a pistoanelor plunger de la pompele cu presiune înaltă şi debit constant. Tehnologia de depunere-pregătire este speficică pulberilor ceramice, iar rezultatele concretizate în concluziile expuse justifică pe deplin extinderea durificării şi la alte piese supuse coroziunii (abrazive, erozive).

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 11, 2 fig., 6 ref. bibl.

DC : 621.893 : 620.197

Popovici, C., Bălăceanu, M., Niculae, Gh,. Tudor, I., Popescu, A.: **Study of the tribological properties of the Ti N thin layers deposited by ion plating**

The results obtained have made evident the important role of plating conditions in order to obtain high quality Ti N layers. Thus, the range of values of the polarization voltage of the under-layer (3—5 kW) and of the N flow (14—15 l/h) are very clearly determined. By Ti N plating several components used in the extraction industry (high degree of wear and erosion) have registered a considerably growing fiability.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 8 fig., 2 tables, 3 bibl. reff.

DC : 004.6 : 621—2 : 621.431

Ceptureanu, G.: **Installation and fast simulating process for wear and fability determination for plain bearings, big ends and gudgeon pins, directly on the proper engine**

The new installation allows the testing of the engine parts without internal combustion, the engine being operated by an electro-motor. The charge frequency can be varied and a hydraulic system realizes the loading.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 3 fig., 1 bibl. reff.

DC : 621—772 : 629.113—2

Marincaş, D., Iosif, G., Luchian, C., Birău, L.: **Estimation of the spare parts requirements, based on the durability parameters of cars**

The paper presents an estimation method and an abac/chart to estimate the spare parts requirements; they are based on the estimation of the kind of failure: constant caused by wear, or incidental caused, most often, by inadequate design, make, running-in or use.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 2 fig., 1 bibl. reff., 1 table.

DC : 621.762

Negriu, R., Tudor, I.: **Plunger pistons hardening by plasma jet loading with Romanian ceramics powders**

The paper presents the obtaining and testing of a Romanian ceramics powder recepe in the domain of hardening by metalizing in plasma jet of the plunger pistons of constant flow ond high pression pumps. The depositing-preparing technology is proper to ceramics powders, and the results concluded fully justify the use of hardening for other components submitted to corrosion (abrasion/erosion).

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 2 fig., 6 bibl. reff.

CD : 621.893 : 620.197

Popovici, C., Bălăceanu, M., Niculae, Gh,. Tudor, I., Popescu, A.: **Etude des propriétés tribologiques des couches minces de Ti N (nitrure de titane) déposées par placage ionique**

Les résultats obtenus ont mis en relief l'important rôle des conditions de placage pour former des couches de nitrure de titane de qualité supérieure. De cette manière sont clairement définis les domaines optimaux de valeurs de la tension de polarisation de la sous-couche (3—5 kW) et du débit d'azote (14—15 l/h). Une série de repères de l'industrie extractive, intensément soumis à l'usure et à l'erosion, ont enregistré une appréciable hausse de la durée de vie par leur placage avec le nitrure de titane.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 8 fig., 2 tabl., 3 réf.

CD : 004.6 : 621—2 : 621.431

Ceptureanu, G.: **Installation et procédé simulateur rapide pour déterminer l'usure et la fiabilité des coussinets, des bielles et des boulons sur le bloc moteur**

La nouvelle installation permet d'essayer les organes du moteur sans combustion interne, l'actionnement étant assuré par un moteur électrique. La fréquence de travail peut être variée et le chargement est réalisé à l'aide d'un système hydraulique.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 3 fig., 1 réf.

CD : 621—772 : 629.113—2

Marincaş, D., Iosif, G., Luchian, C., Birău, L.: **Le calcul du nécessaire en pièces de rechange, reposant sur les indicateurs de durabilité des véhicules automobiles**

L'article présente une méthode de calcul et une nomogramme servant à déterminer le nécessaire en pièces de rechange, en partant de la fonction de retablissement pour deux types de chutes caractéristiques (déteriorations) :

— progressives — résultant de l'usure ;

— brusques (instantanées) — apparaissant, le plus souvent, par l'effet du dépassement des conditions de résistance des pièces, des défauts du matériau ou des erreurs de projection et de fabrication.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 2 fig., 1 tabl., 5 réf.

CD : 621.762

Negriu, R., Tudor, I. : **Durification des pistons plongeurs par chargement à jet de plasma avec de poudres céramiques roumaines**

L'article présente l'expérience d'obtention et de test d'une formule de poudre céramique roumaine dans le domaine de la durification, par métallisation à jet de plasma, des pistons plongeurs des pompes à haute pression et débit constant. La technologie de dépôt-préparation est spécifique aux poudres céramiques et les résultats exposés dans les conclusions justifient pleinement l'application de la durification à d'autres pièces soumises à la corrosion (abrasive, érosive).

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 11, 2 fig., 6 réf.

DK : 621.893 : 620.197

Popovici, C., Bălăceanu, M., Niculae, Gh,. Tudor, I., Popescu, A. : **Die Untersuchung der tribotechnischen Eingenschaften der dünnen TiN — Schichten (Titannitrid-Schichten), die durch Ionenplattierung hergestellt werden**

Die erzielten Ergebnisse zeigen die wichtige Rolle der Plattierungsbedingungen für die Herstellung hochwertiger Titannitrid-Schichten. Auf dieser Art werden die optimalen Wertebereiche der Polarisierungsspannung am Schichtträger (3—5 kW) und bzw. des Stickstoffdurchnatzes (14—15 l/h) klar ermittelt. Bei einer Reihe von Werkteilen für den Bedarf der Förderindustrie, die einem starken Verschleiß ausgesetzt sind, wurde infolge der Titannitridplattierung eine wichtige Verlängerung der Lebensdauer verzeichnet.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 11, 8 Fig., 2 Tab., 3 Lit.

DK : 004.6 : 621—2 : 621.431

Ceptureanu, G. : **Anlage und schnelles Simulierungsverfahren zur Ermittlung des Verschleisses und der Zuverlässigkeit der Lagerschalen, Pleuel und Bolzen des Bestimmungsmotorgetriebeblocks**

Die neue Anlage ermöglicht die Prüfung der Maschinenteile des Motors der kein Verbrennungsmotor ist, wobei der Antrieb von einem Elektromotor gewährleistet wird. Die Arbeitsfrequenz kann verändert werden und die Belastung erfolgt über ein hydraulisches System.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 11, 3 Fig., 1 Lit.

DK : 621—772 : 629.113—2

Marincaş, D., Iosif, G., Luchian, C., Birău, L. : **Die Berechnung des Ersatzteilbedarfs aufgrund der Kfz-Haltbarkeitskenndaten**

Im Beitrag wird eine Berechnungsmethode und ein Nomogramm zur Bestimmung des Ersatzteilbedarfs veröffentlicht für deren Ausarbeitung man von der Wiederherstellungsfunktion in zwei charakteristischen Ausfalltypen ausgegangen ist :

— dem fortschreitenden Ausfall, der als Ergebnis des Verschleisses auftritt ;

— dem plötzlichen Ausfall, der meistens durch das Überscheiten der Widerstandsbedingungen der Werkteile, durch Materialfehler oder durch Entwurf — und Fertigungsfehler verursacht wird.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 11, 2 Fig., 1 Tab., 5 Lit.

DK : 621.762

Negriu, R., Tudor, I. : **Das Härten der Plungerkolben durch die Plasmastrahlbellastung mit rumänischen keramischen Pulvern**

Im Beitrag wird der Versuch zur Ermittlung und Überprüfung eines rumänischen keramischen Pulverrezeptes beschrieben zum Metallisieren im Plasmastrahl der Plungerkolben für Hochdruckpumpen mit konstanten Durchsatz. Die Auftrag — und Vorbereitungstechnologie ist für die keramischen Pulvern kennzeichnend und die in der Zusammenfassung konkret angegebenen Ergebnisse rechtfertigen voll und ganz die Ausweitung dieses Härteverfahrens auch bei anderen Werkteilen, die dem (abschleifenden, abtragenden) Verschleiß ausgesetzt sind.

Construcţia de maşini, 40 (1988), Nr. 11, 2 Fig., 6 Lit.

ДК : 621.882 : 621-235 : 621-85

Станчу Шт., Барбу Е. : *Соображения по определению несущей способности передач типа роликового винта*

В работе рассматривается математическая модель для определения динамической способности роликовых винтов на основе сходства с роликовыми радиально-упорными подшипниками. На основе полученного соотношения рассматривается влияние геометрических параметров на определяемой способности. Статья является полезным вкладом в литературу, необходимую для проектирования передач типа роликового винта.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 11, 9 рис., 1 табл., 3 лит.

ДК : 621.893 : 620.197

Попович К., Бэлэчяну М., Никулае Г., Тудор И., Попеску А. : *Исследование трибологических характеристик тонких слоев TiN (титановый нитрид), нанесенных ионным плакированием*

Полученные результаты выявили важную роль условий плакирования при нанесении высококачественных слоев из титанового нитрида. Таким образом четко оределяются оптимальные диапазоны значений напряжения поляризации подложки (3—5 кВт), а также расхода азота (14—15 л/ч). В результате плакирования титановым нитридом, ряд деталей добывающей промышленности, работающих в условиях интенсивного износа и эрозии показали значительный рост срока службы.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 11, 8 рис., 2 табл., 3 лит.

ДК : 004.6 : 621-2 : 621.431

Чептуряну Г. : *Установка и быстрый симулирующий способ определения износа и надежности вкладышей, шатунов и болтов на блоке двигателя определенного назначения*

Новая установка позволяет испытывать части двигателя без внутреннего сгорания с приводом от электродвигателя. Рабочую частоту можно варьировать, а нагрузка осуществляется при помощи гидросистемы.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 11, 3 рис., 1 лит.

ДК : 621-722 : 629. 113-2

Маринкаш Д., Есиф Г., Лукиан К., Бирэу Л. : *Расчет потребности в запчастях на основе показателей прочности автомобилей*

В статье описывается метод расчета и номограмма для определения потребности в запчастях исходя из функции восстановления для двух характерных типов падений (повреждений) :

— прогрессивные — вызываемые износом

— внезапные (моментальные) — вызываемые чаще всего превышением условий прочности деталей, дефектами материала или погрешностей проектирования и производства.

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 11, 2 рис., 1 табл., 5 лит.

ДК : 621.972

Негриу Р., Тудор И. : *Упочнение плунжерных поршней путем плазменой наплавки румынскими керамическими порошками*

В статье представлен опыт получения и пробования рецепта румынского керамического порошка в области упрочнения плазменым напылением плунжерных поршней насосов высокого давления и постоянного расхода. Технология нанесения является характерной для керамических порошков, а результаты, приведенные в заключениях работы полностью оправдывают распространение упрочнения и на другие детали, подвергаемые коррозии (абразивной, эрозионой).

Construcţia de maşini, 40 (1988),
н. 11, 2 рис., 6 лит.

CZ : 621–233
621.822

Influența reducerii dimensiunilor asupra frecării din lagărele pentru mecanică fină

Prof. dr. doc. ing. Traian **DEMIAN**, as. ing. Constantin **NIȚU** — Institutul Politehnic București

Întrucît una dintre însușirile mecanicii fine este reducerea dimensiunilor, un element deosebit de util privind concepția produselor din acest domeniu îl reprezintă aplicarea legilor similitudinii. Calculele de similitudine, după cum se știe, se pot conduce după legea lui Cauchy care se bazează pe faptul că forțele și momentele, la piesele de dimensiuni mari sau mici, acționînd static sau dinamic produc deformații elastice (în domeniul de valabilitate al legii lui Hooke), precum și aceleași tensiuni.

Dacă se adoptă θ_l ca scară a lungimilor, raportul dintre dimensiunea piesei mari l_1 și a piesei mici l_2 este :

$$\theta_l = \frac{l_1}{l_2},$$

scara tensiunilor θ_σ dedusă cu relația lui Hooke este :

$$\theta_\sigma = \frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{\dfrac{\Delta l_1}{l_1} E_1}{\dfrac{\Delta l_2}{l_2} E_2} = 1,$$

iar scara forțelor se calculează cu relația :

$$\theta_P = \frac{P_1}{P_2} = \frac{A_1\sigma_1}{A_2\sigma_2} = \theta_l^2,$$

care reprezintă legea lui Cauchy, întrucît materialele celor două construcții sînt aceleași, deci $E_1 = E_2$.

Procedîndu-se similar cu parametrii cei mai importanți din construcțiile mecanice, se determină valorile scărilor de transformare pentru mărimile directe sau derivate. În tabelul 1 sînt indicate scările de transformare a unor mărimi fizice.

Dacă se studiază frecarea uscată de alunecare, în cazul a două perechi de lagăre cilindrice radiale (fig. 1), încărcate simetric prin două mase — disc dispuse pe cîte un arbore sprijinit pe aceste lagăre, mărimea care interesează, în situația reducerii dimensiunilor, este pierderea de energie prin frecare, la fiecare rotație a sistemului mobil :

$$\Delta E = 2\pi\mu Pr \qquad (1)$$

Transformînd relația (1) într-o ecuație de similitudine, avînd în vedere că μ, coeficientul de frecare, nu depinde de dimensiuni, rezultă :

$$\theta_{\Delta E} = \theta_R^3 \theta_r, \qquad (2)$$

iar pierderea de energie prin frecare scade cu puterea a patra a scării de reducere a dimensiunilor. În cazul în care se adoptă aceeași

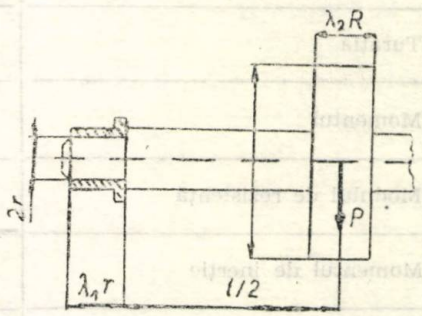


Fig. 1

presiune de contact a fusurilor în lagăre, scările de reducere a dimensiunilor fusurilor și discurilor sînt legate prin :

$$\theta_r = \theta_R^{1,5}, \qquad (3)$$

iar ecuația pierderii de energie devine :

$$\theta_{\Delta E} = \theta_R^3 \theta_r = \theta_R^{4,5} \qquad (4)$$

Se observă că miniaturizarea mecanismului conduce la scăderi importante ale pierderilor prin fricțiune. Astfel, dacă se reduc dimensiunile discurilor la jumătate, pierderile prin frecare scad de 22,6 ori.

În cazul sprijinirii arborilor pe lagăre conice cu contact punctiform ($\alpha \neq 0$) sau liniar ($\alpha = 0$), relația (1) ia forma :

$$\Delta E = 2\pi\mu \frac{P}{\cos\alpha} r, \qquad (5)$$

rămînînd valabilă ecuația de similitudine (2).

Conform geometriei contactului, raza de racordare dintre suprafața conică și cea cilindrică a cuzinetului deține ponderea maximă în valoarea razei de curbură echivalente. În cazul contactului punctiform, tensiunea de contact

Scările de transformare ale unor mărimi fizice

Tabelul 1

Nr. crt.	Parametrul	Simbol mărime	Relația de bază	Scară
1	Timpul	t	$P = m\,a$	$\theta_t = \theta_l$
2	Masa	m	$m = \frac{P}{a}$; $m = \frac{\gamma V}{g}$	$\theta_m = \theta_l^3$
3	Viteza	v	$v = \frac{l}{t}$	$\theta_v = 1$
4	Accelerația	a	$a = \frac{V}{t}$	$\theta_a = \theta_l^{-1}$
5	Viteza unghiulară	ω	$\omega = \frac{d\alpha}{dt}$	$\theta_\omega = \theta_l^{-1}$
6	Accelerația unghiulară	ε	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt}$	$\theta_\varepsilon = \theta_l^{-2}$
7	Turația	n	$n = \frac{30}{\pi}\omega$	$\theta_n = \theta_l^{-1}$
8	Momentul	M	$M = Pl$	$\theta_M = \theta_l^3$
9	Modulul de rezistență	W	$W = \frac{\pi d^3}{32}$	$\theta_W = \theta_l^3$
10	Momentul de inerție	I	$I = \frac{\pi d^4}{64}$	$\theta_I = \theta_l^4$
11	Lucrul mecanic	L	$L = Pl$	$\theta_L = \theta_l^3$
12	Puterea	N	$N = Pv$	$\theta_N = \theta_l^3$

în elementul cu dimensiuni reduse va fi întotdeauna mai mică decît în model, deoarece reducerea razei ρ nu este avantajoasă nici funcțional și nici tehnologic. Analizîndu-se cazul

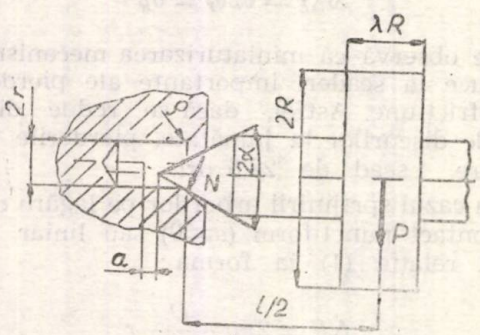


Fig. 2

contactului liniar, condiția de a avea tensiuni de contact egale în lagărul redus și în model conduce la $\theta_r = \theta_R^3$, deci ecuația de similitudine devine :

$$\theta_{\Delta E} = \theta_R^6 \qquad (6)$$

În cazul sprijinirii arborelui pe doi rulmenți radiali cu bile (inel interior rotitor), energia pierdută la o rotație, prin frecare de rostogolire (frecare predominantă la turații joase) este:

$$\Delta E = 2\pi\lambda\left(1 + \frac{D_i}{d_b}\right)\sum_{i=0}^{n} P_i \qquad (7)$$

unde :

λ — coeficientul frecării de rostogolire;

D_i — diametrul inelului interior;

d_b — diametrul bilei;

P_i — încărcarea bilei i (fig. 3);

2n — numărul de bile încărcate (situate sub linia (j—j).

Admițîndu-se o lege cosinusoidală de variație a deformațiilor de contact bilă — inel pe baza relațiilor lui Hertz pentru contactul teoretic punctiform se obține :

$$P_i = P_0 \cos^{3/2} i\alpha \qquad (8)$$

Conform echilibrului de forțe din figura 3,

$$P = P_0 + 2\sum_{i=1}^{n} P_i \cos i\alpha =$$

$$= P_0\left(1 + 2\sum_{i=1}^{n} \cos^{5/2} i\alpha\right) \quad (9)$$

(10)

De aici, $P_0 = \dfrac{P}{1 + 2\sum_{i=1}^{n} \cos^{5/2} i\alpha} = K_1 \dfrac{P}{Z}$

iar

$$\sum_{i=0}^{n} P_i = P_0 \sum_{i=0}^{n} \cos^{3/2} i\alpha = K_2 P_0 (z + 5) \quad (11)$$

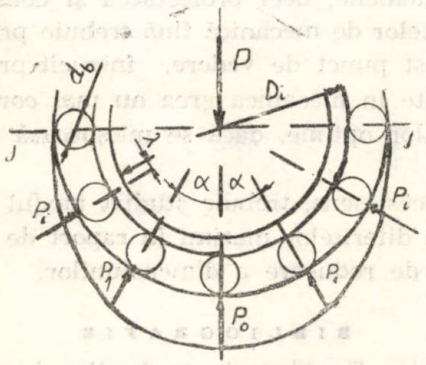


Fig. 3

În tabelul 2 sînt indicate valorile coeficienților K_1 și K_2 în funcție de numărul bilelor. Exprimîndu-se lungimea cercului de așezare a bilelor sub forma :

$$zp_b = zK_3 d_b = \pi(D_i + d_b),$$

se obține :

$$1 + \frac{D_i}{d_b} = \frac{K_3}{\pi} z \text{ și } \Delta E = 2K_1K_2K_3 \lambda P (z + 5)$$

sau

$$\Delta E = 2K_1K_2K_3 \lambda P z' \quad (12)$$

Exprimată ca ecuație de similitudine, relația (12) devine :

$$\theta_{\Delta E} = \theta_R^3 \theta_z$$

În cazul în care se adoptă aceeași tensiune de contact maximă între bile și inel, iar numărul de bile este invers proporțional cu diametrul lor $\theta_z \cong \theta_R^{-1,5}$:

$$\theta_{\Delta E} = \theta_R^{1,5} \quad (14)$$

În figura 4 sînt reprezentați comparativ coeficienții de reducere a pierderilor prin frecare, în funcție de coeficientul de reducere a dimensiunilor, pentru :

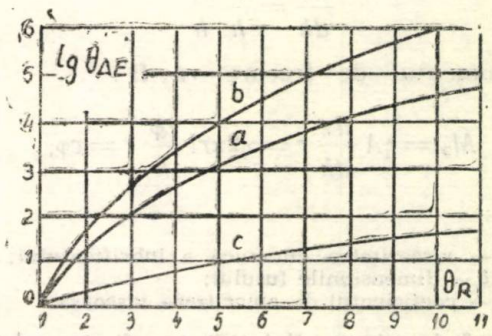


Fig. 4

a .lagăre cilindrice ;
b. lagăre conice ;
c. rulmenți.

Reducerea dimensiunilor influențează și frecarea fluidă de alunecare. Considerîndu-se cazul unui sistem oscilant (fig. 5), format dintr-un balansier fixat pe un arbore sprijinit pe două lagăre radiale cilindrice, în regim de frecare fluidă și un arc spiral plan (cu un capăt

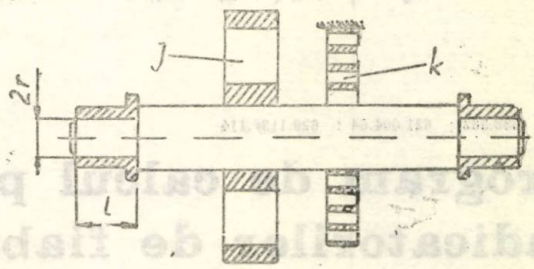


Fig. 5

fixat pe arbore și celălalt pe carcasa aparatului), ecuația de mișcare va corespunde oscilațiilor libere amortizate și va avea forma :

$$J\ddot{\varphi} + k\varphi + M_v = 0 \quad (15)$$

Valorile coeficienților K_1 și K_2

Tabelul 2

z	3	5	7	9	11	13	15	17	19
K_1	3	4,52	4,34	4,39	4,40	4,37	4,37	4,37	4,37
K_2	0,125	0,117	0,124	0,124	0,127	0,126	0,130	0,130	0,131

unde :

φ — unghiul de poziție al sistemului mobil ;
k — rigiditatea arcului ;
M_v — momentul frecării vîscoase din lagăre.

Momentul de frecare vîscoasă (rezultat al tensiunilor tangențiale din fluid), în cazul unui interstițiu fus-cuzinet (h), mic și pentru curgere laminară, se poate calcula aproximînd gradientul de viteză din relația lui Newton, cu :

$$\frac{dv}{dh} = \frac{v}{h} \frac{r\dot{\varphi}}{h}$$

Momentul de frecare va fi :

$$M_v = \eta A \frac{dv}{dh} r = \eta 2\pi r l \frac{r\dot{\varphi}}{h} r = c\dot{\varphi},$$

unde :

η — vîscozitatea dinamică a lubrifiantului;
r, l — dimensiunile fusului;
c — coeficientul de amortizare vîscoasă.

Coeficienții ecuației (15) vor fi, în scări de similitudine :

$$\theta_J = \theta_l^5; \quad \theta_c = \theta_{Mv} = \theta_l^3 \theta_\eta; \quad \theta_k = \theta_l^3$$

Sistemul oscilant descris este caracterizat de factorul de calitate :

$$Q = \sqrt{Jk}/c, \tag{16}$$

care, exprimat în scări de similitudine, va avea forma :

$$\theta_Q = \sqrt{\theta_l^5 \theta_l^3}/(\theta_l^3 \theta_\eta) = \theta_l/\theta_\eta \tag{17}$$

Dacă se cere ca factorul de calitate să nu se schimbe la reducerea dimensiunilor ($\theta_Q = 1$), se obține pentru vîscozitatea lubrifiantului $\theta_\eta = \theta_l$, deci trebuie utilizat un ulei mai puțin vîscos. Dacă se modifică dimensiunile mecanismului, păstrîndu-se aceeași frecvență $f = \sqrt{k/J}/(2\pi)$, rezultă : $\theta_k = \theta_J = \theta_l^5$, deci trebuie adaptată rigiditatea k a arcului.

Coeficientul de calitate va fi :

$$\theta_Q = \frac{\theta_J}{\theta_c} = \frac{\theta_l^5}{\theta_l^3 \theta_\eta}, \text{ deci } \theta_\eta = \theta_l^2 \tag{18}$$

În acest caz, vîscozitatea trebuie să scadă cu încă un ordin de mișcare a dimensiunilor.

Consecințe asemănătoare apar și pentru alte fenomene, deci proiectarea și construcția elementelor de mecanică fină trebuie privite și din acest punct de vedere, întrucît probleme verificate în mecanica grea nu mai corespund situațiilor optime, dacă se micșorează dimensiunile.

În acest sens, trebuie studiat modul de variație a diferitelor mărimi în raport de coeficinetul de reducere a dimensiunilor.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Demian, T.* : Elemente constructive de mecanică fină, E.D.P., București, 1980.

[2] *Demian, T., Tudor, D., Curița, I. Nuțu, C.* : Bazele proiectării aparatelor de mecanică fină, vol. I, E.T., București, 1984.

CZ : 658.562 : 621.004.64 : 629.113/.114

Program de calcul pentru determinarea indicatorilor de fiabilitate ai automobilelor

Ș.l. dr. ing. D. **MARINCAȘ**, as. ing. G. **IOSIF** — Institutul Politehnic București
Ing. L. **BIRĂU** — I.C.S.I.T.A. Brașov, fil. Inst. Pol. Buc.

Introducere

În etapa actuală, de preocupări intense pentru perfeționarea produselor industriale, studiul fiabilității a dobîndit un rol major în cercetările legate de concepția, fabricația și exploatarea sistemelor tehnice, cu implicații asupra studiilor privind factorii ce determină nivelul fiabilității, uzura pieselor avînd, în acest sens, ponderea primordială.

Lucrarea de față propune un sistem de prelucrare a datelor culese din exploatare, privind fiabilitatea (și disponibilitatea) autovehiculelor rutiere, prin utilizarea de programe de calcul ce permit determinarea, pe baze statistice-probabilstice, a indicatorilor de fiabilitate și prezintă unele rezultate obținute în acest sens.

Culegerea datelor și organizarea acestora într-un fișier

Pentru asigurarea unui nivel acceptabil de încredere asupra rezultatelor calculelor ($>95\%$), se pornește de la stabilirea numărului minim necesar de autovehicule supuse observației, obținîndu-se pentru erori limită $q = 0{,}2 \ldots 0{,}3$,

un număr minim de 46 ... 99 autovehicule sau agregate ale acestora [4].

Fiecare autovehicul se constituie într-un articol-bloc, definit prin datele de identificare (unitate deținătoare, tip, serie, nr. circulație), ce cuprinde ca articole fiecare cădere în exploatare, cu specificațiile : kilometri parcurși, codul defecțiunii, codul cauzei presupuse, timpul de remediere.

Articolele au fost organizate într-un fișier de date (FD), de tip matriceal, fapt ce a permis elaborarea unui program de gestiune a fișierului (PGF), relativ simplu, scris în FORTRAN (ca și programele de prelucrare a datelor).

Codificarea defecțiunilor s-a făcut grupat, pe subsisteme ale autovehiculului — motor, transmisie, instalație electrică, sistem frînare, direcție etc., astfel încît, prin utilizarea PGF, fiabilitatea acestora să poată fi studiată și separat.

Indicatori de fiabilitate (și disponibilitate) și modele matematice pentru determinarea acestora

In lucrările de specialitate [1, 2, 5] sînt prezentați principalii indicatori ai fiabilității și disponibilității (autovehiculelor), precum :

— funcția de (de) fiabilitate — (F t) $R(t)$;

— densitatea de probabilitate a căderilor — $f_{(t)}$;

— rata căderilor $\lambda_{(t)}$;

— media timpului de bună funcționare — $MTBF$ — $\bar{t}$;

— rata reparațiilor μ (t') ;

— media timpului de reparații — MTR — $\bar{t}'$;

— coeficientul de disponibilitate CD, cu observația că, pentru autovehicule, timpul de funcționare t este reprezentat prin parcurs [km].

Acești indicatori pot fi determinați pe baza datelor culese din exploatare, relatv simplu, prin utilizarea expresiilor lor statistice. Un studiu mai complet și exact se poate, însă, face numai pe baze probabilistice, prin cunoașterea legii de distribuție a fenomenului f (t).

Studiul diferitelor legi de distribuție statistică a condus la observația că, pentru autovehicule, legea cu cea mai largă aplicabilitate este distribuția Weibull :

$$f(t)=\frac{\beta}{\theta}\left(\frac{t-\gamma}{\theta}\right)^{\beta-1}e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\theta}\right)^{\beta}}, \qquad (1)$$

unde :

β — parametrul de formă ;
γ — parametrul de localizare (viața anterioară);
θ — parametrul de scară.

Toți indicatorii de fiabilitate pot fi astfel determinați utilizînd relații de calcul probabilistice, problema reducîndu-se, în fond, la estimarea parametrilor distribuției Weibull; pentru aceasta s-au propus diferite metode, grafice sau numerice.

Pretîndu-se la utilizarea calculatorului, s-au ales două dintre metodele numerice [2], pentru care s-au elaborat (secțiuni de) programe corespunzătoare : metoda momentelor (**MM**) și metoda verosimilității maxime (**MVM**).

Prin **MM** considerarea momentelor centrate de ordinul 1 și 2 ale distribuției statistice, se obțin media, respectiv abaterea standard :

$$\bar{x}=m_1=\theta\Gamma_\beta\left(\frac{1}{\beta}+1\right)+\gamma=k_\beta+\gamma \qquad (2)$$

$$\sigma=\sqrt{m_2-m_1'}= \qquad (3)$$

$$=\theta\sqrt{\Gamma_\beta\left(\frac{2}{\beta}+1\right)-\Gamma_\beta^2\left(\frac{1}{\beta}+1\right)}=\theta\cdot g_\beta$$

Cu $\bar{x}$ — ($\bar{t}$), calculate cu relații statistice, din relațiile (2) și (3) se pot determina parametrii β și θ (pentru cazul studiat se poate considera $\gamma=0$), printr-o metodă numerică sau, mai simplu, prin interpolare din tabele ce dau g_β, k_β și β în funcție de coeficientul de variație $CV=\sigma/\bar{x}$ [2].

Considerînd **MVM** funcția de verosimilitate, prin anularea derivatelor parțiale ale acesteia, se obțin relațiile :

$$\frac{n}{\beta}-\frac{n\sum_{i=1}^{n}x_i^\beta\ln x_i}{\sum_{i=1}^{n}x_i^\beta}+\sum_{i=1}^{n}\ln x_i=0 \qquad (4)$$

$$\theta=\left(\frac{\sum_{i=1}^{n}x_i^\beta}{n}\right)^{1/\beta} \qquad (5)$$

Ecuația (4), în β, se rezolvă ușor cu ajutorul calculatorului, printr-o metodă iterativă — Newton Raphson —, cu considerarea unei soluții inițiale dată de

$$\beta=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}[\ln x_i-\bar{y}]^2}{n-1}}, \qquad (6)$$

unde :

$$y=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\ln x_i \qquad (7)$$

Procesul iterativ este oprit la realizarea unei condiții de precizie, fixată inițial $\delta<\delta_{lim}=10^{-4}$ [2].

Structura programului de calcul

Programul calcul propus, scris în limbaj FORTRAN, alcătuit modular (fig. 1), permite ca, pornind de la *FD*, cu *PGF* să se obțină parametrii satistici de sondaj, cu programul (secțiunea) de calcul *SSTAT* și parametrii dis-

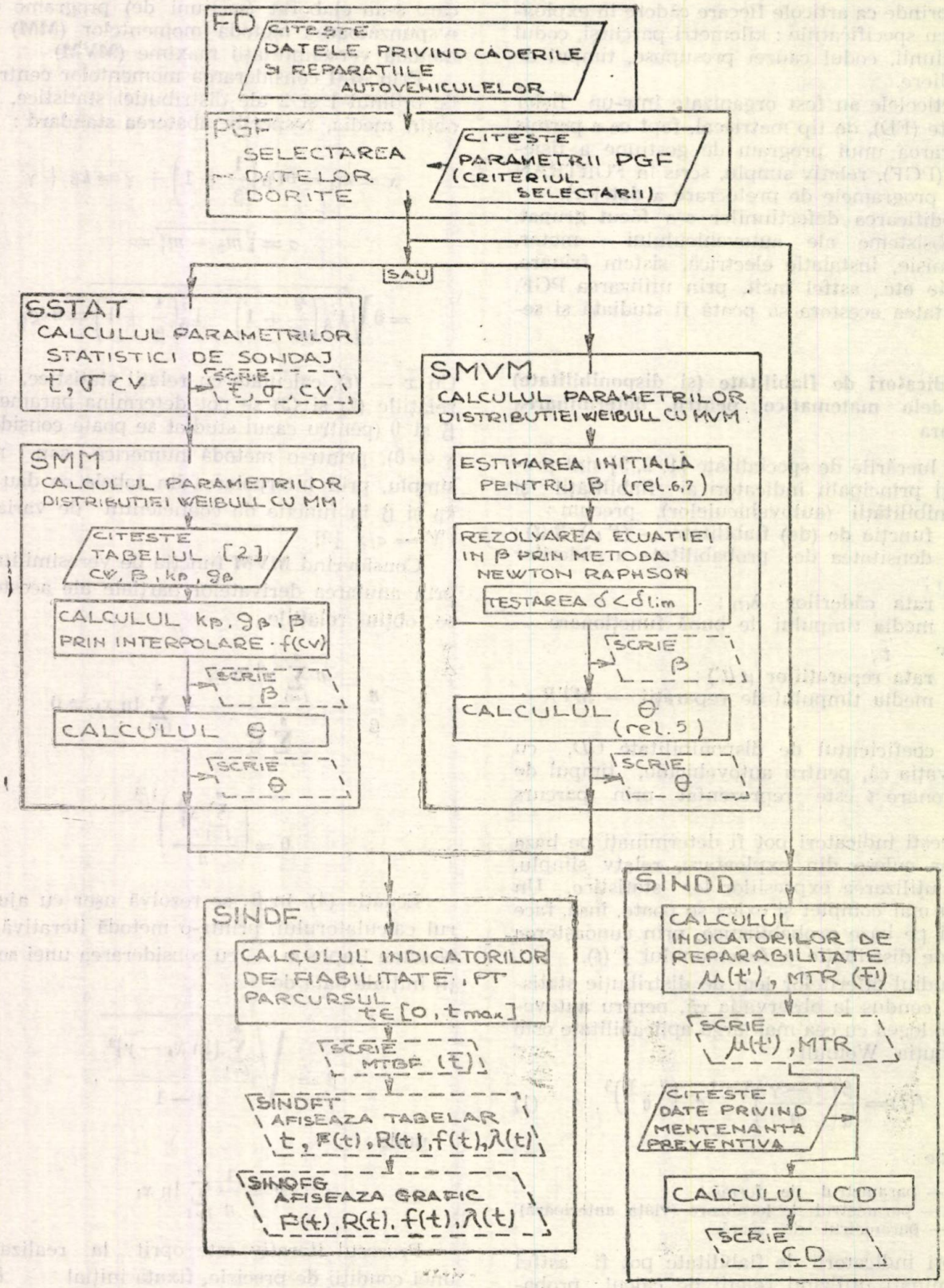


Fig. 1 Structura programului de calcul.

tribuției Weibull, prin **MM** (secțiunea *SMM*) sau **MVM** (secțiunea *SMVM*). De aici, se poate trece la tabelarea sau/și reprezentarea grafică a indicatorilor de fiabilitate $F_{(t)}$, $f_{(t)}$, $\lambda_{(t)}$, în cadrul secțiunilor *SINDFT* și/sau *SINDFG*.

Pentru calculul indicatorilor de disponibilitate, s-a propus, în această fază, doar utilizarea relațiilor statistice, obținîndu-se $\mu_{(t')}$, $t'_{-(MTR)}$ și *CD*, pornind de la datele din *FD*, în secțiunea *SINDD*.

Așa cum s-a menționat, toate calculele pot fi făcute pentru autovehicul, în ansamblu, sau pentru un subsistem, în funcție de parametrii oferiți *PGF*.

Cîteva rezultate și concluzii

Programul propus a fost elaborat și testat odată cu studiul fiabilității autoutilitarelor TV (14 și 15), echipate cu motoare ARO L-27 [3].

S-a constituit un FD, cu date culese din exploatare pentru un lot de autoutilitare, de la diferite unități de transport. Urmărirea acestora s-a făcut (deocamdată) pînă la parcursuri de 15 000—35 000 km.

Din analiza rezultatelor se poate remarca :

— *MTBF* scăzut, pentru autoutilitara în ansamblu, de aproximativ 3000—4000 km ;

— valori ale parametrului de formă $\beta = 1{,}2$—1,5 — primele căderi, după perioada de rodaj, cînd distribuția Weibull se apropie de cea exponențială, pînă la $\beta = 3$—3,5, cînd devin preponderente defecțiunile cauzate de uzură și îmbătrînire, iar distribuția se apropie de cea normală.

— valoarea scăzută a *MTBF* este dată de numeroasele căderi ale motorului, punții spate (grup conic), ambreiajului, sistemului de frînare etc. Pentru motor se constată relativ frecvente (și grave) căderi — chiar gripări datorate ungerii necorespunzătoare (?) — și căderi ale pompei de injecție.

În concluzie, considerăm că programul prezentat, aflat încă în etapa testărilor și perfecționărilor — facilitate de structura sa modulară — se va constitui într-un util instrument pentru studiul fiabilității oricărui tip de autovehicul, în urma organizării colectării de date din exploatare, de către numeroșii beneficiari virtuali ai rezultatelor studiului.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Manea, C., Stratulat, M.* : Fiabilitatea și diagnosticarea automobilelor, Editura Militară, București, 1982.

[2] *Isaic Maniu, Al.* : Metoda Weibull. Aplicații, Editura Academiei R.S.R., București, 1983.

[3] *Marincaș, D. ș.a.* : Contract de cercetare științifică nr. 36—3—4/1985, I.P.B. — Intr. „Autobuzul" București.

[4] *Marincaș, D.* : Fabricarea și repararea autovehiculelor, I.P.B. 1985.

[5] x x x : STAS 10307—75 Fiabilitatea produselor industriale.

CZ : 621.762 : 669.018.24 : 621—233
621.822

Contribuții la înlocuirea lagărelor din bronz cu lagăre din fier sinterizat, cu autolubrifiere

Prof. dr. ing. Sever **ȘONTEA**, ș.l.ing. Alexandru **NEAGU**, as. ing. Daniela **TĂRĂȚĂ**, as. ing. Marius **ZAMFIRACHE** — Universitatea Craiova

Ing. Constantin **BĂLAN** — Întreprinderea Textilă Deva

Ing. Marius **TRIFAN** — Întreprinderea de Strunguri SARO Tîrgoviște

Lucrarea prezintă rezultatele cercetărilor efectuate la Universitatea din Craiova în legătură cu înlocuirea lagărelor din bronz turnat cu lagăre din aliaj fier-cupru sinterizat, precum și valorificarea acestor cercetări în producție pe exemplul unei întreprinderi din industria ușoară și al unei întreprinderi constructoare de strunguri.

1. După cum se cunoaște o aplicație deosebită a tehnicii metalurgiei pulberilor se referă la utilizarea unor lagăre de alunecare, cu rezistență superioară la uzură față de lagărele obținute din bronzuri turnate.

În această direcție, progrese însemnate au fost înregistrate odată cu intrarea în funcțiune a Intreprinderii SINTEROM din Cluj-Napoca, unde se fabrică în mod curent lagăre poroase din pulberi de bronz cu autolubrifiere.

Efectul de lubrifiere se manifestă prin uleiul impregnat și asimilat datorită porozității, care în timpul rostogolirii arborelui formează o peliculă lubrifiantă pe suprafața acestuia, iar la încetarea mișcării de rotație se reimpregnează.

În prezent, ținînd cont de dificultățile care se manifestă în legătură cu asigurarea unor metale deficitare (cupru și staniu), cercetările științifice în tehnica metalurgiei pulberilor au găsit soluții, una dintre acestea fiind înlocuirea bronzului poros cu aliaje fier-cupru poroase, cu aceleași proprietăți de lubrifiere și rezistență la uzură în exploatare.

În lucrarea de față se prezintă pe scurt rezultatele obținute de Universitatea din Craiova — Facultatea de mecanică, unde se stu-

diază de circa 14 ani procese tehnologice specifice metalurgiei pulberilor și unde funcționează un atelier [2... 8].

2. În urma unor cercetări [9, 10] realizate la Universitatea din Craiova în colaborare cu două întreprinderi mari și anume Intreprinderea de Strunguri Tîrgoviște și Intreprinderea Textilă Deva, a fost valorificată ideea înlocuirii lagărelor din bronz turnat cu lagăre din aliaj fier-cupru sinterizat.

Se menționează economiile deosebite obținute pentru cupru și staniu pe de o parte, precum și economii de manoperă, costuri și energie electrică, determinate de faptul că lagărele sinterizate nu mai necesită prelucrări ulterioare.

Astfel costul unui kilogram de bronz turnat este în medie de 70 lei, în timp ce costul unui kilogram de aliaj fier-cupru sinterizat este numai de 14 lei.

La nivelul anului 1986, în stația de producție a Facultății de mecanică din Craiova, s-au realizat peste 20.000 bucăți lagăre din aliaje fier-cupru.

În cazul Intreprinderii Textile Deva, înlocuirea lagărelor din bronz turnat a fost făcută cu lagăre din aliaje fier-cupru sinterizate, la războaiele de țesut.

Locurile unde au fost făcute înlocuirile au fost : mecanismul bielă-manivelă (al cărui desen de asamblu se prezintă în fig. 1, iar desenul de detaliu în fig. 2), cu un lagăr pe război și rola pentru ridicarea ițelor (al cărei desen de ansanblu se prezintă în fig. 3, iar desenul de detaliu în fig. 4) cu 16 lagăre pe războaie.

În figura 1 se arată poziția de montaj a lagărelor 3 și 4, iar în figura 2 se indică dimensiunile acestora, adică diametrul exterior 45 mm, diametrul interior 36 mm și înălțimea 20 mm.

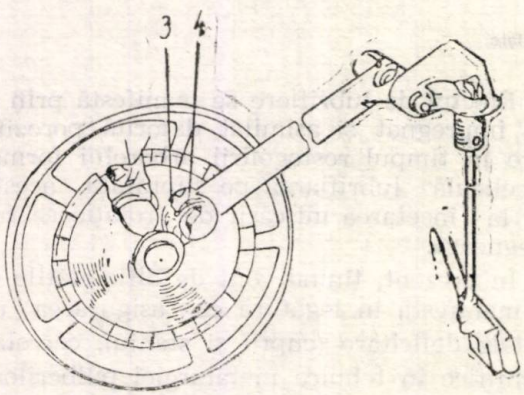


Fig. 1

În figura 3 se arată poziția de montaj **17** și **18** a lagărelor, iar în figura 4 se indică și dimensiunile de 30 mm diametrul exterior, 20 mm diametrul interior și 12 mm înălțimea. La utilizarea lagărelor din bronz turnat, ungerea se făcea cu cana, perturbînd procesul de producție, spre deosebire de aliajele fier-cupru sinterizate, care nu necesită ungere pînă cînd sînt înlocuite.

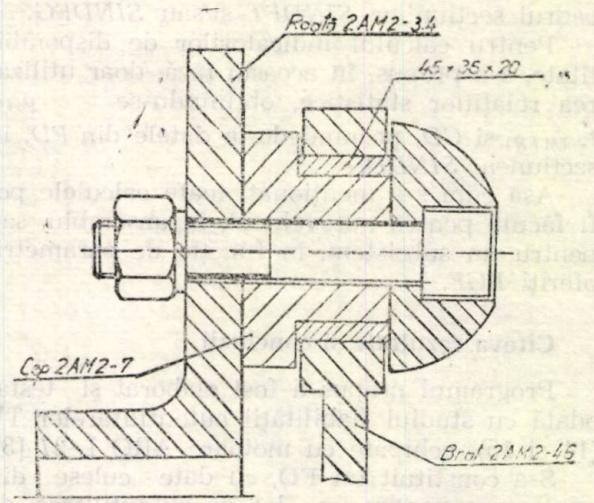


Fig. 2

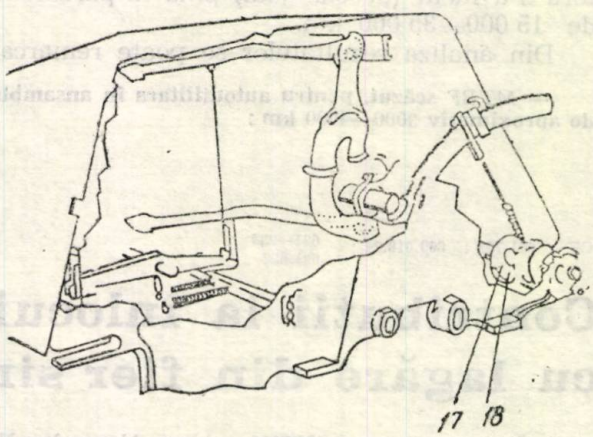


Fig. 3

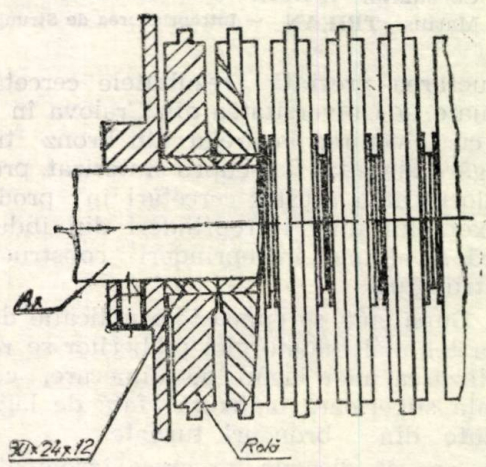


Fig. 4

Lagărele din bronz turnat aveau un timp de uzură de 8—12 luni, pe cînd lagărele din fier-cupru sinterizate cu autolubrifiere au funcți-

onat deja 24 de luni de la montare și încă nu au fost înlocuite, deoarece nu prezintă uzura impusă funcționării în condiții normale de lucru. La fiecare război de țesut s-au înlocuit 17 bucăți lagăre.

Ținînd cont de cantitatea de 500 bucăți războaie de țesut, economia anuală la costuri este de circa 1,2 milioane lei, cu eliminarea consumului de circa 3 tone de bronz cu staniu și a prelucrărilor mecanice care erau legate de mari consumuri energetice și forță de muncă.

Intreprinderea de Strunguri din Tîrgoviște SARO utilizează în prezent, la cărucioarele strungurilor, lagăre de alunecare din bronz turnat, care se întreține prin ungere cu sisteme de gresare.

În figurile 5 și 6 se arată o secțiune printr-un cărucior la care se folosesc asemenea lagăre poziția 2 și respectiv 1, precum și sistemele lor de ungere 3 și respectiv 2.

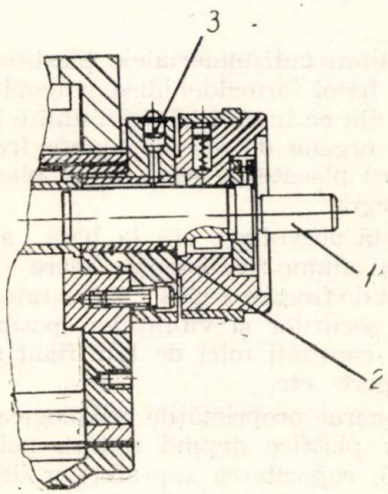


Fig. 5

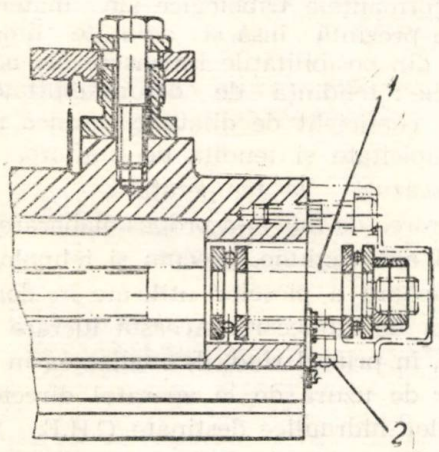


Fig. 6

Lagărele de alunecare din bronz turnat se realizează cu coeficienți de utilizare pentru cupru și staniu foarte mici, între 20—45%.

Pe de altă parte finisarea acestor lagăre presupunea prelucrări prin așchiere voluminoase.

Universitatea din Craiova, Facultatea de mecanică în colaborare cu această întreprindere a realizat un studiu teoretic și experimental din care a rezultat că aceste lagăre pot să fie înlocuite cu lagăre din pulberi sinterizate ale aliajelor fier-cupru-grafit.

Prototipurile experimentale au fost testate la SARO Tîrgoviște, la mai multe strunguri tip SARO, cu rezultate foarte bune, în timpul rodajului și în exploatare.

S-au înregistrat uzuri extrem de mici după circa 600 ore de funcționare, cantități mai mici decît cele înregistrate la lagărele din bronz turnat.

De asemenea datorită proprietății de porozitate a acestor lagăre, prin uleiul infiltrat în pori, se asigură autolubrifierea, putînd astfel să se elimine o parte din sistemul de ungere, respectiv prelucrările și materialele necesare pentru ungere, ca de exemplu sistemul din figura 5.

Concluzii

Din cele arătate în lucrare, rezultă că valorificarea cercetărilor realizate în acest domeniu la Universitatea din Craiova demonstrează calitățile superioare în exploatare ale lagărelor sinterizate, în comparație cu lagărele din bronz, precum și eficiența tehnico-a acestei soluții.

O extindere a acestei acțiuni în industria ușoară, ca și la fabricarea de mașini-unelte mici și mijlocii, ar produce aceleași efecte cu o contribuție substanțială la modrenizarea și raționalizarea proceselor tehnologice, cerință de mare actualitate pentru economie.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Domșa, S.*: Materiale de fricțiune sinterizate-realizări și perspective. A II-a Conferință Națională de „Metalurgia pulberilor", Cluj-Napoca, 1983.

[2] *Șontea, S. și colaboratorii*: Folosirea bucșelor din bronz cu staniu grafitat în construcția locomotivelor electrice și aparatajului electric de medie și înaltă tensiune la uzinele Electroputere Craiova. A VII-a sesiune de comunicări I.E.P.C. 1970.

[3] *Șontea, S. și colaboratorii*: Cercetări experimentale privind posibilitățile de variație a conținutului de cupru, în contactele de tip Wolfram-Cupru-Nichel. Craiova. A VII-a sesiune de comunicări I.E.P.C. 1970.

[4] *Șontea, S. Firescu, L.*: Factorii tehnologici care influențează calitatea contactelor electrice de tip Wolfram-Cupru-Nichel. Sesiunea Universității din Craiova, 1971.

[5] *Șontea, S. și colaboratorii*: Realizări în domeniul metalurgiei pulberilor la Intreprinderea „Electroputere". Conferința națională de metalurgia pulberilor, Cluj-Napoca, 1973.

[6] *Șontea, S. și colaboratorii*: Contacte electrice și procedee de utilizare a lor. Brevet invenție R.S.R. Nr. 58240/71.
[7] *Șontea, S., Neagu, Al.*: Folosirea pieselor din pulberi de fier sinterizate pentru aparate electrice de măsură. Sesiunea Universității din Craiova, 1981.
[8] *Șontea, S.*: Considerații privind caracterizarea tehnologică a pulberii de cupru indigene. În „Metalurgia" nr. 12, 1982, pag. 6658—659.
[9] x x x: Studii și cercetări pentru înlocuirea lagărelor din bronz turnat cu aliaje fier-cupru sinterizate. Contract de cercetare 1984—1985, Universitatea din Craiova cu Intreprinderea Textilă Deva.
[10] x x x: Studii și cercetări pentru înlocuirea lagărelor din bronz turnat la cărucioarele strungurilor automate SARO. Contract de cercetare 1985, Universitatea din Craiova cu Intreprinderea SARO Tîrgoviște.

CZ : 621.893 : 679.5

Cercetări privind utilizarea unor materiale plastice (sticloplast) la realizarea lagărelor de alunecare

Chim. P. **CIORA**, cnim. L. **CORNEA** — C.C.P.A.L.V. București, punct cercetare I.U.C. Făgăraș
Ing. C. **BRATU** — I.N.M.T. București

Ca parte compenentă a lagărelor de alunecare, cuzinetul are rolul funcțional cel mai important, condiționînd buna funcționare a ansamblului.

În condițiile de lucru ale acestor piese, apar procese de frecare, ungere și uzare care impun asigurarea unui complex de cerințe interferente de natură mecanică, termică, chimică, pentru materialele de construcție și anume :

— coeficient de frecare mic, de ordinul 0,05—0,15 ;

— rezistență mecanică superioară, aceasta condiționînd capacitatea de încărcare ;

— proprietăți plastice, importante pentru capacitatea de adaptare la mici deplasări ale arborelui și pentru amortizarea vibrațiilor ;

— coeficient de dilatație termică redus, avînd efect asupra jocului fus-cuzinet ;

— rezistență termică bună, condiționînd temperatura de funcționare a lagărului;

— rezistență chimică corespunzătoare la acțiunea agentului de lubrifere, pentru prevenirea modificărilor dimensionale în timp;

— greutate specifică redusă, pentru obținerea unor construcții ușoare.

La aceste cerințe tehnico-funcționale se adaugă cele legate de asigurarea bazei de materii prime.

Literatura de specialtate numără o gamă variată de materiale pentru cuzineți, de natură metalică feroasă (fonte cenușii) și neferoasă (aliaje Cu—Sn), pulberi sinterizate, precum și materiale nemetalice (lemn, cauciuc, grafit, materiale ceramice, materiale plastice). Prin combinarea acestora au rezultat materiale mixte; metal-material plastic sau material plastic cu adaos metalic.

În ultimii ani, materialele plastice pe bază de rășini fenol-formaldehidice, poliamide, PTFE etc. sînt din ce în ce mai des înîlnite în execuția unor organe de mașini supuse frecării, fie ca straturi placate pe oțel, fie ca piese executate integral.

Această dezvoltare are la bază avantajele oferite și anume : rezistență mare la uzură, coeficient de frecare redus, capacitate de amortizare a șocurilor și vibrațiilor, posibilități de lucru cu cantități mici de lubrifiant sau chiar fără ungere etc.

În general proprietățile tribologice ale materialelor plastice depind natura polimerului, receptură, rugozitatea suprafețelor de contact, presiune, temperatură, viteză, prezența lubrifianților etc.

Performanțele tribologice ale materialelor plastice prezintă însă și anumite limite ce decurg din posibilitățile intrinsece ale acestora și anume : tendința de deformabilitate sub sarcină, coeficient de dilatație termică ridicat, higroscopicitate și tendiță de umflare, rezistență scăzută la temperatură.

Lucrarea de față și-a propus elaborarea unui materal antifricțiune, precum și tehnologia de confecționare a pieselor utilizate în domeniul lagărelor de alunecare. Această lucrare a fost impusă, în primul rînd, de realizarea în țară a pieselor de uzură de la aparatul director al turbinelor hidraulice destinate C.H.E. Porțile de Fier II — obiectiv de importanță economică deosebită, precum și de necesitatea reducerii consumului unor materiale deficitare, sarcină majoră reieșită din documentele de partid și de stat.

Cercetările întreprinse au avut la bază proprietățile oferite de anumite rășini sintetice care, în urma procesului de polimerizare, conduc la materiale plastice termorigide deosebit de rezistente chimic la acțiunea mediilor lubrifiante, avînd un coeficient de absorbție a apei foarte scăzut $<0{,}08\%$.

Pentru asigurarea rezistenței mecanice s-au folosit, ca materiale de armare, țesături din fibre de sticlă compatibile cu rășina, dozate corespunzător, materiale care contribuie și la reducerea coeficientului de dilatație termică.

Proprietățile antifricțiune s-au obținut prin experimentarea unor adaosuri de lubrifianți solizi, de anumite granulații.

Din punct de vedere tehnologic, experimentările au condus la două procedee de lucru, înfășurare respectiv presare, funcție de geometria piesei. Deși procedeele, în sine, sînt cunoscute, realizarea pieselor la calitatea impusă a fost posibilă numai prin utilizarea anumitor SDV-uri, precum și prin elaborarea unei faze tehnologice speciale de obținere a stratului antifricțional.

Materialul (denumit STICLOPLAST), respectiv piesele, sînt formate în structură (fig. 1) dintr-un strat antifricțional de grosime maximum 1,0 mm, avînd la bază rășina compundată cu lubrifianți solizi, urmat de un stratificat din rășină armată cu țesătură din fibre de sticlă de grosime 2—15 mm. Piesele pot fi realizate integral din acest material sau cu suport metalic din oțel carbon.

În paralel cu experimentările prezentate, s-au studiat unele caracteristici ale materialului elaborat, comparativ cu cele ale materialelor tradiționale folosite în acest domeniu.

Astfel, în tabelul 1, sînt prezentate valorile caracteristicilor fizico-mecanice comparativ cu bronzul și teflonul.

Din datele prezentate se constată o greutate specifică redusă, în timp ce rezistența mecanică înregistrează valori superioare.

Rezistența la abraziune, determinată prin metoda Taber cu pietre abrazive CS 18 (fig. 2), prezintă valori superioare comparativ cu unele materale folosite în acest domeniu.

Performanțele tribologice ale materialului s-au stabilit prin testare pe standuri speciale, cu cuplă de frecare Timken și cuplă de frecare fus-lagăr (fusul din oțel 41 Mo Cr 11).

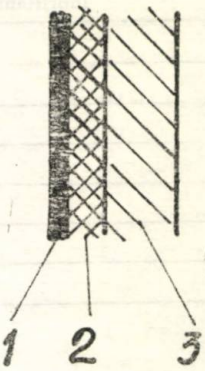


Fig. Structura pieselor realizate din sticloplast.
1 — strat antifricțional ; 2 — stratificat ; 3 — suport metalic.

Condițiile de lucru realizate pe stand, similare cu cele din literatura de specialitate, au fost următoarele :

— viteza de alunecare, $v = 0{,}8$ m/s ;

— forța normală de încărcare 300, 600, 900 N, respectiv, presiunea medie realizată pe bucșe 1, 3; 2, 6; 3, 9 N/mm^2 ;

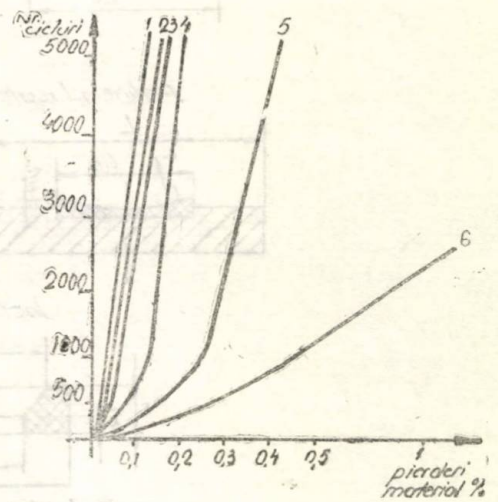


Fig. 2 Rezistența la abraziune a sticloplastului comparativ cu aceea a altor materiale folosite în acest domeniu.

Tabelul 1

CARACTERISTICI	STICLOPLAST	BRONZ	TEFLON
Greutate specifică, [g/cm^3]	1,5—1,7	8,5—9,4	2,5—2,9
Rezistență compresiune, [daN/mm^2]	min. 12	min. 9	—
Rezistență încovoiere, [daN/mm^2]	min. 20	6—9	—
Rezistență la șoc mecanic, [daNcm/cm^2]	100—150	—	15—30
Stabilitate termică sub sarcină, [^{0}C]	150	—	80—150
CDT x 10^{-6} (20—100^{0}C), [1/^{0}C]	15—20	17,5—18,5	172

Tabelul 2

p. v. / lubrifiant	Coeficient frecare		Temperatură		Timp funcţionare [min]	Uzură [mg]
	$\mu_{iniţial}$	μ_{regim}	$T_{iniţial}$ [°C]	T_{regim} [°C]		
1,04/uscat	0,25	0,29	26	142	60	240
1,04/ulei	0,06	0,10	28	90	360	140
1,04/unsoare	0,06	0,08	27	70	480	92
2,08/ulei	0,06	0,06	26	33	720	1,2
2,08/unsoare	0,06	0,06	27	45	720	1,3
3,12/ulei	0,06	0,06	27	35	300	130
3,12/unsoare	0,05	0,06	26	58	420	45

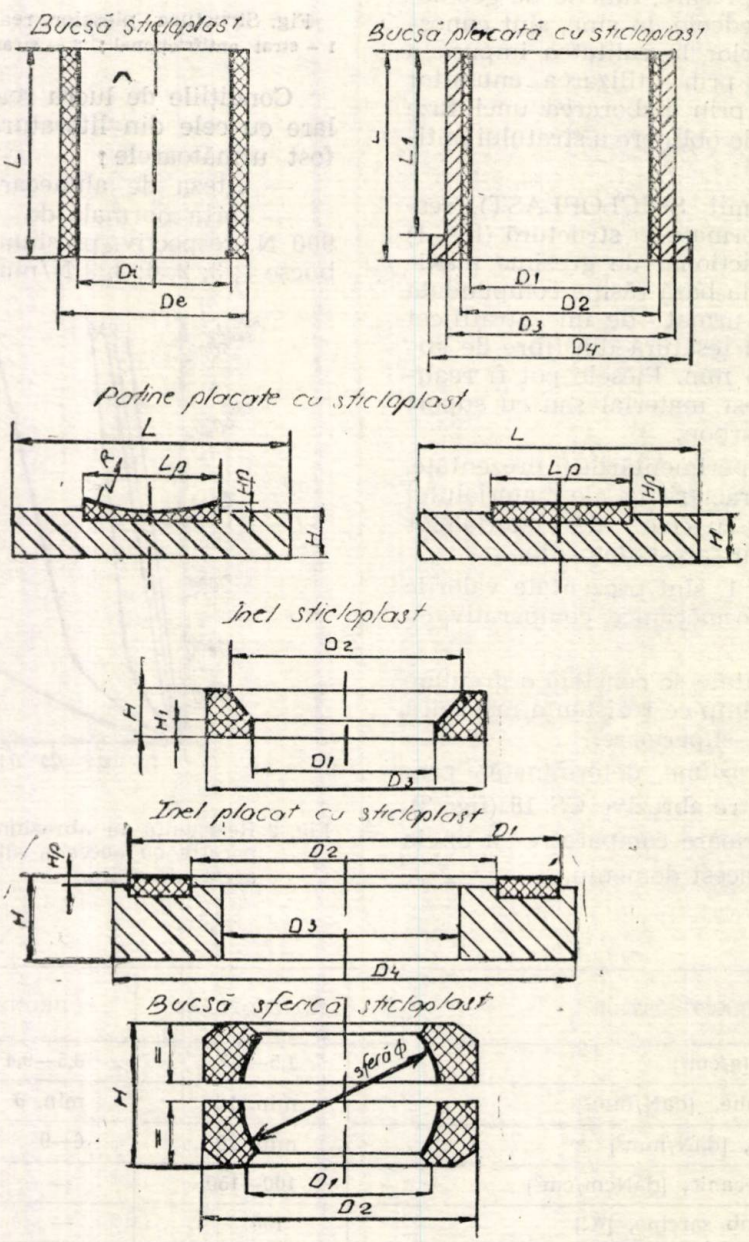


Fig. 3

— mediul de ungere : uscat, ulei M 30 și unsoare U 170 Li 2.

Pentru scurtarea timpului de încercare în mediu lubrifiant, s-a ales procedeul cu ungere inițială, respectiv, cu lubrifiant introdus inițial în cupla de frecare.

Întrucît apa nu prezintă onctuozitate și nu se poate menține între elementele cuplei, cercetările folosind acest lubrifiant s-au efectuat pe standul cu cuplă de frecare tip Timken.

Încercările pe standul cu cuplă fus-lagăr, în regim de frecare uscată și cu ungere inițială, au urmărit determinarea coeficientului de frecare și uzura materialului, valorile acestora fiind prezentate în tabelul 2.

Criteriul de întrerupere a experiențelor a fost timpul de funcționare cu lubrifiere inițială, pînă la apariția adeziunii și, deci, a uzurii rapide. Acești timpi, pentru condițiile realizate pe stand, se situează în cîmpul de valori cel mai bun prezentat în literatura de specialitate, de 190—1100 minute, ceea ce subliniază siguranța în exploatare cu ungere săracă.

Este de remarcat faptul că bucșa a funcționat fără ungere inițială timp de 60 minute la un *p.v.* de 1,04 N/mm^2.m.s.

Coeficientul de frecare, μ, fără lubrifiant este de 0,25—0,29, în timp ce în prezența lubrifianților valorile acestuia scad foarte mult, respectiv la 0,05—0,1, fiind comparabile cu cele ale teflonului și chiar superioare bronzului. De asemenea, se observă o tendință de scădere a coeficientului de frecare cu creșterea produsului *p.v.*

Uzura a fost determnată gravimetric, dar după cum s-a amintit, aceasta poate fi luată în considerare numai pentru situațiile cînd nu a apărut adeziunea. Pentru aceste situații, viteza de uzare este foarte mică, de ordinul a 0,1 mg/h, în condiții de ungere săracă, în timp ce fusul de oțel a rămas practic neuzat.

Față de cele prezentate mai sus, menționăm că sticoplastul, fiind un material plastic, prezintă un coeficient de transfer termic scăzut, ceea ce limitează folosirea sa.

Din materialul prezentat se pot confecționa piese antifricțiune cilindrice (bucșe, cuzineți) cu diametrul interior 15—1000 mm și lungimea 15—1000 mm, precum și alte piese de uzură, cu geometrie adecvată scopului (patine, bucșe sferice), conform figurii 3.

Materialul (respectiv cuzineții confecționați), prezintă o comportare corespunzătoare în aplicații ca : turbine hidraulice (aparat director, lagăr de conducere), mașini-unelte, utilaje, pompe și acționări pneumatice.

Utilizarea pieselor de uzură din stricloplast permite reducerea consumului unor materiale deficitare (bronz, teflon, poliamidă RILSAN), înlocuirea unor rulmenți liniari, asigurînd în același timp o fiabilitate ridicată subansamblelor în care sînt montate.

[1] *Pavelescu, D. ș.a.* : Tribologie, București, Ed. Did. și Pedag., 1977.

[2] *Pavelescu, D.* : Tribotehnica, Ed. Tehn., București, 1983.

[3] *Ganea, I.* : Materiale sintetice noi, București, Ed. Tehn., 1979.

[4] *Manea, Gh.* : Organe de mașini, București, Ed. Tehn. 1974.

[5] *Bely, V.A., ș.a.* : Friction and Wear in Polimer — based Materials, Oxford, Pergamon Press, 1982.

[6] *Rabinowicz, E.* : Friction an Wear of Materials, New-York, John Willey and Sons, 1965.

[7] *Uetz H., ș.a.* : Tribologie de Polymere, München, Viena, Ed. Carl Hanser, 1985.

[8] x x x : Industrial Lubrication and Tribology, nr. 1—6, 1979, 1980.

[9] x x x : Tribology Handbook, London, Neale M.J. Ed., 1973.

CZ : 621–233
621.822

Studiu în vederea realizării, în concepție proprie, a unei noi soluții constructive de lagăr care să funcționeze în condiții de ungere săracă și utilizabil în producția de serie mică și unicate

Dr. chim. Nistor **DINU**, ing. Nadejdea **COSMESCU**, ing. Mihail **COSMESCU**, ing. George **NACHI**, ing. Afanase **CRASOVSCHI** — I.N.M.T. București

Generalități

Lucrarea de față conține un studiu tribologic preliminar, efectuat de I.N.M.T. în vederea găsirii unor noi materiale antifricțiune capabile să funcționeze în condiții de ungere săracă (regim de frecare la limită și mixt), ce pot apărea de exemplu, la pornirea sau oprirea instalațiilor la care sistemul de ungere nu este cu acționare independentă.

O altă necesitate obiectivă care a determinat prezentul studiu a fost asigurarea de lagăre (ca piese de schimb) în locul lagărelor din bronz grafitat, folosite la utilajele procurate din import (deci în condiții de unicate și serie mică).

Trebuie avut de asemenea în vedere un consum redus de materiale deficitare (Cu, Sn), în condițiile unei fiabilități ridicate și rezistențe mari la uzură.

Varianta constructivă propusă de I.N.M.T., valabilă pentru producția de unicate și serie mică de lagăre, constă în aplicarea unui strat de aliaj antifricțiune pe o bucșă suport din oțel, prin termosprayere, urmată de un tratament de suprafață corespunzător (soluție constructivă folosită într-o primă variantă, în prezent, la ghidajele cilindrice de la mașinile de interțesere Bywater de la Intreprinderea „Siderma" București).

Stratul antifracțiune obținut are o structură poroasă asemănătoare cu cea a materialelor sinterizate. Prin umplerea porilor cu ulei sau alt lubrifiant, încă din procesul de fabricație, se asigură funcționarea lagărului fără urmări catastrofale și în condiții de frecare la limită, cînd lubrifiantul din pori asigură ungerea necesară pentru perioade scurte de timp.

Dacă aceste lagăre s-ar fi realizat din bronz prin turnare, tehnologie costisitoare și laborioasă, cu consum mare de material deficitar, structura obținută pentru stratul antifricțiune ar fi fost prea compactă.

O altă tehnologie posibilă, în cazul realizării de lagăre, ar fi fost sinterizarea, nerentabilă în caz de serie mică de SDV-uri care nu se pot amortiza.

Tehnologia de metalizare a stratului antifricțiune, în cazul realizării de lagăre capabile să funcționeze în condiții de ungere săracă, prezintă următoarele avantaje :

— capacitate portantă superioară (suport de oțel în loc de bronz) ;

— economie de bronz grafitat (material deficitar și foarte scump);

— procedeul de depunere a bronzului este perfect aplicabil pentru recondiționarea atît a bucșelor (în soluția cu suport de oțel), cît și în cazul recondiționării lagărelor originale ;

— soluția propusă se pretează la execuția de piese de schimb (unicate) fiind incontestabil mai ieftină decît procedeele de turnare sau sinterizare care necesită o SDV-istică mai scumpă și manoperă mai mare.

Aparatura utilizată

Schema de montaj, lanțul de măsurare și aparatura utilizată sînt indicate în figura 1, pentru standul cu cuplă de frecare Timken, pe care s-au făcut încercările tribologice preliminare, în cazul noilor rețete de materiale posibil a fi folosite pentru realizarea lagărelor capabile să funcționeze în condiții de ungere săracă.

La standul cu cuplă de frecare Timken, forța de încărcare este aplicată la pîrghia 1, care are rol de amplificator și de schimbător al direcției forței de încărcare.

Pentru a putea determina sarcina limită de gripaj, a fost necesar să se realizeze un sistem de încărcare a standului care să permită o creștere uniformă a forței de încărcare. Pentru aceasta s-a folosit un sistem gravimetric, care face obiectul dosarului de invenție OSIM nr. 115409/02.08.84.

Traductorul tensometric 2 conține două lamele coaxiale, dar cu suprafețele așezate perpendicular una pe alta, pe care sînt lipite mărci tensometrice astfel încît măsoară direct

două forțe perpendiculare (forța de apăsare pe direcție normală a semicuplei cilindrice pe semicupla plană și forța de frecare din cuplă). Semnalele de la fiecare traductor sînt introduse în punțile tensometrice 6, respectiv 7 tribologic cu cuplă de frecare cilindru-plan (Timken) folosind semicupla cilindrică metalizată, iar semicupla plană din oțel. În timpul funcționării nu s-au folosit lubrifianți suplimentari, față de cei introduși în pori în timpul

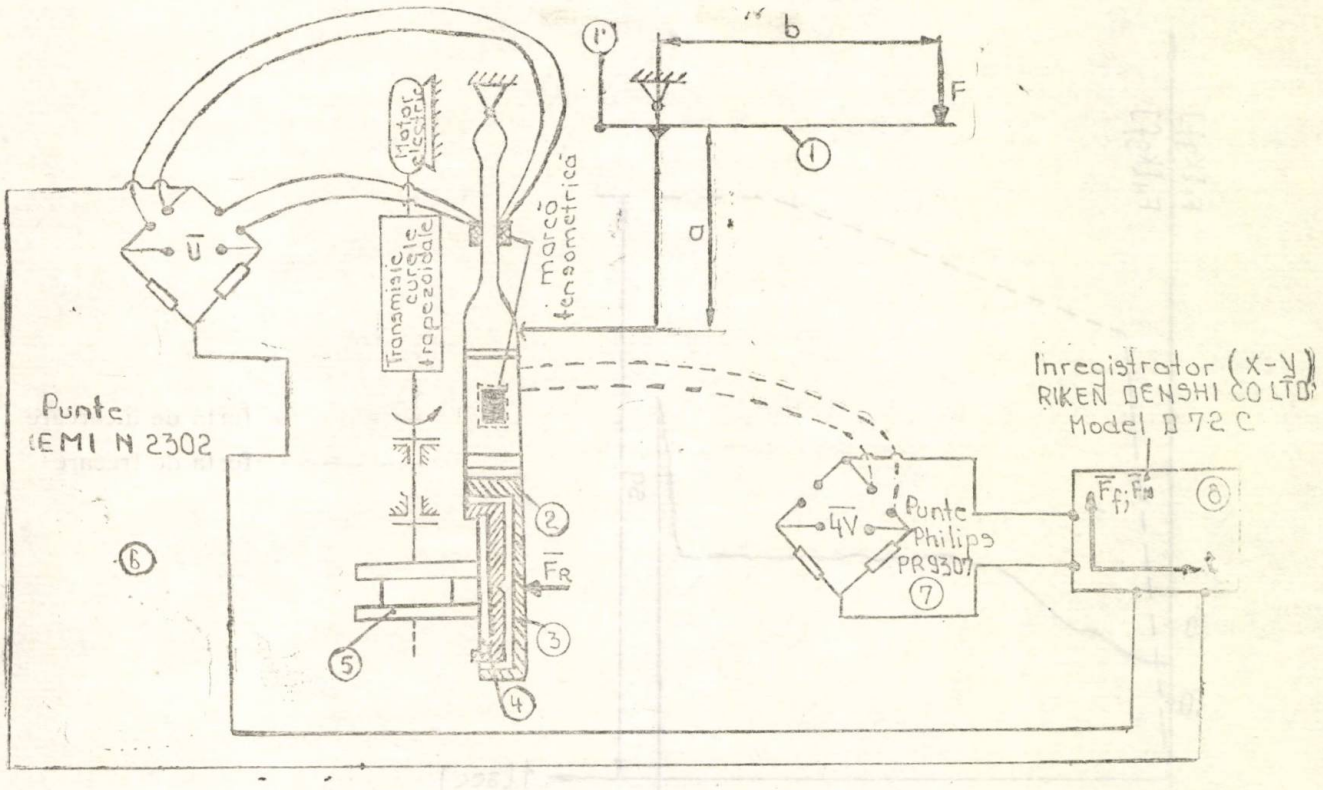


Fig. 1

(fig. 1), iar semnalele de ieșire ale acestora sînt introduse în înregistratorul (x—y_1—y_2) notat cu 8.

Prin etalonarea corespunzătoare, se obțin diagrame de forma celei prezentate în figura 2, cu ajutorul cărora se pot afla coeficientul de frecare inițial, final și la gripaj, sarcina de gripaj și timpul de funcționare pînă la apariția tendinței de gripaj. Existența palierului în variația în timp a forței de frecare, în zona de creștere a forței de apăsare nomală, se explică prin dilatarea mai mare a lubrifiantului lichid de la porii semicuplei plane decît cea a porilor și asigurarea unei lubrifieri mai bune a cuplei de frecare însoțită de scăderea coeficientului de frecare.

Un termocuplu montat în apropierea zonei de lucru permite determinarea temperaturii pe toată durata de funcționare.

Studiu tribologic preliminar asupra materialelor depuse prin metalizare pe un suport din oțel

S-a studiat comportarea tribologică a materialelor ce se pot aplica pe un suport din oțel, în condițiile utilajului METCO, pe un stand

procesului de fabricație a rolei (semicuplă cilindrică).

În primul lot s-a folosit ca referință o rolă din bronz și s-au depus prin metalizare mai multe materiale tip Metco : Metcoloy 2, Sprasteel LS, Sprabronze A—A, Sprababit Metco 308 (amestec de nichel și grafit). Aceste role s-au împărțit în trei grupe. Probele din prima grupă s-au prelucrat după metalizare la cota finală, cele din a doua grupă s-au imersat 48 de ore în ulei (K40—STAS 7795—74) și apoi s-au prelucrat la cota finală, iar cele din a treia grupă au fost imersate 48 de ore în ulei cu bisulfură de molibden (molycote 50 % + ulei K 40 STAS 1195—74) și ulterior s-au prelucrat la cota finală.

Este necesară imersarea înainte de prelucrarea la cota finală, deoarece atunci structura stratului superficial este poroasă și permite pătrunderea în bune condiții a uleiului sau uleiului cu bisulfură de molibden în pori.

În urma analizării diagramelor obținute pentru două trepte de turație, respectiv :

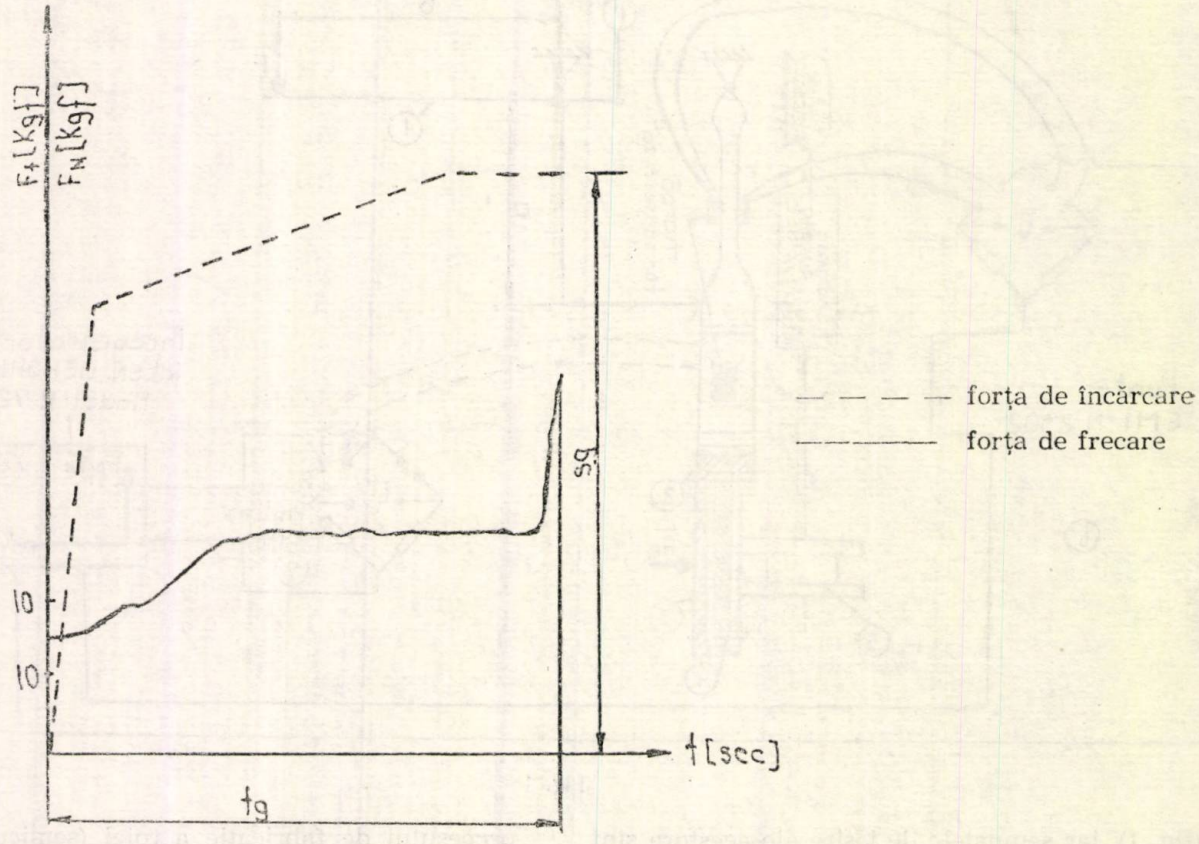
$n = 4750$ rot/min și

$n = 2250$ rot/min,

se pot face următoarele observații :

— probele din grupa a III-a imersate 48 de ore în amestec de ulei cu bisulfură de molibden nu au avut o comportare tribologică mai bună decît probele imersate numai în ulei K 40 STAS 1195-74 ;

În etapa următoare s-a trecut la un lot format din două materiale Sprabronze P și un bronz românesc Cu Sn 6 (sîrmă cu diametru de 3,2 mm), pregătite doar în două moduri : uscat și imersat în ulei 48 de ore în timpul procesului de obținere.



— — — — forța de încărcare
———— forța de frecare

Fig. 2

— probele din grupa a II-a imersate 48 de ore în ulei K 40 — STAS 7795-74 au prezentat valori ale coeficienților de frecare mai mici decît probele complet uscate, ca și o durată de funcționare pînă la apariția fenomenelor de gripaj mai lungă.

Din acest lot o comportare comparabilă cu cea a referinței (Bz 14 T), a prezentat-o materialul Metco tip Sprabronze A—A, iar o comportare tribologică net superioară, din punct de vedere al coeficientului de frecare, a avut-o Metco 308 dar care la turația de 4750 rot/min a avut o uzură de 0,5 mm/diametru, mult mai mare decît în cazul celorlalte materiale. Trebuie arătat că în ceea ce privește presiunile specifice de încărcare, la sfîrșitul probei pe stand, condițiile de încercare au fost foarte dure. Presiunea specifică de încărcare la sfîrșitul probei pe stand a fost de 2,56÷3,93 N/mm², pentru METCO 308, și de 1,33÷1,5 N/mm², pentru Bz 14 T, mult mai mari decît valorile ce apar în practică.

De remarcat că, dintre toate probele prezentate, proba metalizată cu bronzul românesc Cu Sn 6 (sîrmă), în timpul procesului de obținere, imersată 48 de ore în ulei, a avut cel mai lung timp de funcționare, pe stand, pînă la apariția unei tendințe de gripare. Ceilalți parametri tribologici analizați sînt comparabili cu cei ai bronzurilor tip Metco.

S-au făcut, de asemenea, încercări de metalizare cu bronz românesc, în formă de pulbere nesferică cu plumb, în diferite domenii granulometrice, dar la microscop nu s-au obținut structuri corespunzătoare, fie lipsite de porozitate și cu particule oxidate, fie cu porozitate prea mare cu urme de material netopit.

S-a trecut la elaborarea de compozite în condiții de laborator folosind pulbere de bronz românesc (cu sau fără plumb), nesferică sau sferică, în amestec cu o altă pulbere dintr-un material cu bune proprietăți autolubrifiante (30% procente de volum), pentru diferite combinații ale domeniilor granulometrice.

Aceste role, la rîndul lor, au fost pregătite după cum urmează : unele role s-au prelucrat la cota finală imediat după metalizare, alte role s-au impregnat cu diferite soluții. Puse pe stand s-a găsit o rețetă care a avut o comportare mult superioară tuturor probelor analizate (119).

Concluzii

Din analiza rezultatelor experimentărilor și a fenomenelor apărute la realizarea modelelor experimentale și în timpul încercării acestora pe standul cu cuplă cilindru-plan, se pot trage următoarele **concluzii preliminare** :

1) Materialele compozite realizate și rețetele utilizate la impregnarea lor asigură evitarea apariției uzurii catastrofale, respectiv gripajul pe o perioadă determinată (și totodată suficientă) pentru oprirea automată a utilajului, în cazul unei avarii la instalația de ungere.

2) Modelele experimentale care au conținut bronz cu plumb au prezentat fenomene de oxidare în timpul depunerii, iar în timpul funcționării, din cauza legăturii mai slabe între particulele de bronz și suportul din oțel, s-au observat fenomene de pitting.

Concluzii finale asupra fiabilității variantelor constructive propuse vor fi trase, în urma efectuării probelor pe standul tribologic specializat cu cuplă de frecare fus-lagăr.

CZ : 531.43/.46

Influența geometriei asupra momentului de frecare pe elipsele de contact la rulmenți oscilanți cu role butoi, construcție „C"

Prof. dr. ing. Mihai **GAFIȚANU**, as. ing. C. **ȘTIRBU** — Institutul Politehnic Iași

Introducere

Rulmenții oscilanți cu role butoi „construcție „C" se caracterizează prin existența inelului de ghidare a rolelor, inel care are rolul de a restabili echilibrul rolelor (fig. 1) în ceea ce privește unghiul de contact care, în funcționare, este diferit de unghiul liber de contact α_0.

Geometria rulmentului este definită prin razele de curbură $D_{CE}/2$ (pentru calea de rulare de pe inelul exterior), R_{CI} (pentru raza de curbură a căii de rulare de pe inelul interior), R_W (pentru rolă), de diametrul rolei, D_W, și de unghiul de contact α ($\alpha \neq \alpha_0$). Toleranțele de execuție impun, pentru aceste elemente geometrice, abateri care pot influența funcționarea rulmentului, în ceea ce privește frecările care apar în zonele de contact rolă-inel exterior.

Lucrarea își propune ca scop evaluarea influenței diverșilor parametri geometrici asupra momentului de frecare de pe elipsele de contact de pe cele două căi de rulare.

Baze teoretice

În cele ce urmează, referirile se vor face la un rulment 22318 C, încărcat cu sarcină pur radială $F_r = C/4$, cu C = capacitatea dinamică de bază a rulmentului de acest tip. Alegerea unei astfel de încărcări este justificată de domeniul de utilizare al acestor rulmenți (vehicule feroviare) și de durabilitatea impusă de condițiile reale de exploatare.

Considerînd orice tip de rulment încărcat cu sarcină radială, se poate scrie :

$$Q_{max} = k_n(\delta_{max} - G_r/2)^n, \qquad (1)$$

în care :

Q_{max} = sarcina pe corpul de rostogolire cel mai încărcat ;

k_n = factor de rigiditate al contactului;

G_r = jocul radial (dat de toleranțele de montaj);

$\delta_{max} = \delta_r + G_r/2$, cu δ_r = deformația radială totală a rolei și a corpului de rostogolire;

n = exponent (n = 1,5 pentru contact hertzian teoretic punctual).

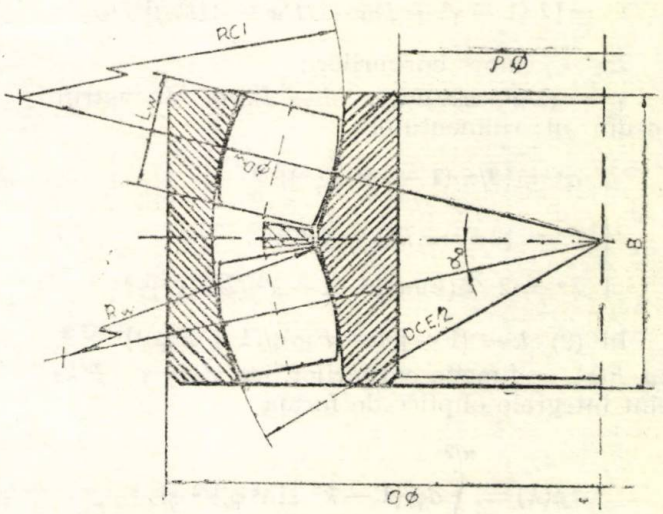


Fig. 1

Relația (1) transformată convenabil conduce la :

$$F_r = z \cdot Q_{max}/(2\cdot\pi)\cdot \int_{-\psi_1}^{+\psi_1} [1-(1-\cos\psi)/(2\varepsilon)]^n \cdot \cos\psi d\psi$$

cu :

z = numărul de role; F_r = sarcina radială; ψ = unghiul de poziție al rolei de calcul față de rola cea mai încărcată ;

$\varepsilon = [1 - G_r/(2\cdot\delta_{max})]/2$.

Rezolvarea integralei din relația (22), știind că $\psi_1 =$ arc cos $[G_r/(2\cdot\delta_{max})]$, permite determinarea sarcinii pe rola cea mai încărcată, care va conduce la evaluarea dimensiunilor elipsei de contact și a momentului de frecare corespunzător.

Pentru o rolă oarecare, plasată sub un unghi ψ de poziție, sarcina este :

$$Q_\psi = Q_{max}\cdot[1-(1-\cos\psi)/(2\varepsilon)]^n \qquad (3)$$

Înlocuind integrala din (2) cu $J_{r(\varepsilon)}$, se obține :

$$F_r = z\cdot Q_{max}\cdot J_{r(\varepsilon)} \qquad (4)$$

Dimensiunile elipselor de contact pot fi exprimate astfel :

$$a = 23{,}6\cdot 10^{-3}\cdot a^*\cdot(Q\psi/\Sigma\rho)^{1/3} \qquad (5)$$

$$b = 23{,}6\cdot 10^{-3}\cdot b^*\cdot(Q\psi/\Sigma\rho)^{1/3} \qquad (6)$$

Deformațiile radiale pe cele două inele sînt :

$$\delta = 27{,}9\cdot 10^{-3}\cdot\delta^*\cdot Q_\psi^{2/3}\cdot(\Sigma\rho)^{1/3} \qquad (7)$$

În (5), (6) și (7) semnificațiile notațiilor sînt următoarele :

(8)

$\Sigma\rho = [2/(1\mp\gamma) + D_W\cdot(1/R_W - 1/R_C)]/D_W$

$\Sigma\rho$ = suma curburilor ;

$\gamma = (D_W\cdot\cos\alpha)/d_m$, d_m fiind diametrul mediu al rulmentului ;

$$\begin{cases} a^* = [2/\pi/(1-k^2)\cdot\mathcal{E}(k)]^{1/3} \\ b^* = [2\cdot(1-k^2)/\pi\cdot\mathcal{E}(k)]^{1/3} \\ \delta^* = 2\cdot\mathcal{F}(k)/\pi\cdot[\pi\cdot(1-k^2)/2/\mathcal{E}(k)]^{1/3} \end{cases} \qquad (9)$$

În (9) : $k = \{1-[(1-F(\rho))/(1+F(\rho))]^{4/3}\}^{1/2}$, cu $F(\rho)$ = funcția curburilor, iar $\mathcal{E}(k)$ și $\mathcal{F}(k)$ sînt integrale eliptice de forma :

$$\mathcal{F}(k) = \int_0^{\pi/2} d\varphi/(1-k^2\cdot\sin^2\varphi)^{1/2} \text{ și}$$

$$\mathcal{E}(k) = \int_0^{\pi/2} (1-k^2\sin^2\varphi)^{1/2} d\varphi$$

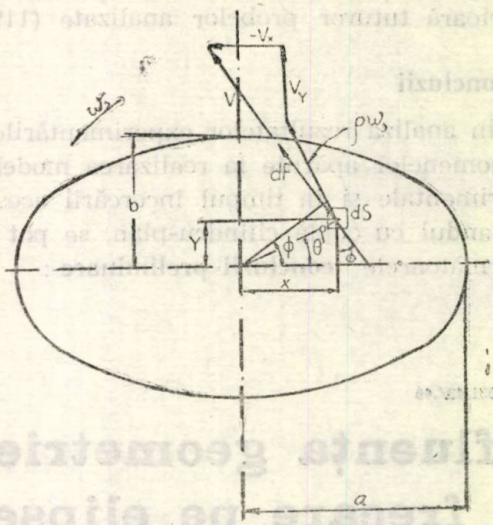


Fig. 2

Considerînd o elipsă de contact (fig. 2) și un element de arie dS se poate scrie expresia momentului de frecare pe suprafața elipsei :

$$M_f = 3\cdot\mu\, Q_\psi/(2\,\pi\cdot a\cdot b)\int_{-a}^{+a}\cdot \int_{-b[1-(x/a)^2]^{1/2}}^{+b[1-(x/a)^2]^{1/2}} [1-(x/a)^2-(y/b)^2]^{1/2}\times \qquad (10)$$

$$\times\{(R_C^2-x^2)^{1/2}-(R_C-a^2)^{1/2}+ +[(D_W/2)^2-a^2]^{1/2}\}\sin\Phi dy\cdot dx$$

Analiza relației (10) conduce la concluzia că valoarea momentului de frecare depinde de mărimea coeficientului de frecare μ, de Q_ψ și de dimensiunile elipsei de contact. Dar, Q_ψ, a, b depind direct de geometria rulmentului, deci de mărimea razelor de curbură și a unghiului de contact α.

Cele ce urmează se referă la o metodă de determinare a momentelor de frecare în zonele de contact, atît pentru elipsa rolă—inel interior cît și pentru elipsa rolă—inel exterior.

Determinarea momentelor de frecare pe elipsele de contact

Rezolvarea exactă a integralelor, $J_{r(\varepsilon)}$, $\mathcal{F}(k)$, $\mathcal{E}(k)$ și a integralei pe suprafață din expresia momentului de frecare nu este posibilă decît prin metode numerice.

S-a conceput un program de calcul automat, a cărui schemă logică este prezentată în figura 3. Programul permite rezolvarea integralei radiale de sarcină $J_{r(\varepsilon)}$, determinarea dimensiunilor a și b ale elipselor de contact, a ție de mărimea parametrilor geometrici modificați prin programul de calcul. Momentul de frecare de pe lipsa rolă-inel exterior prezintă un mod de variație aproape identic cu cel al momentului de frecare rolă-inel interior.

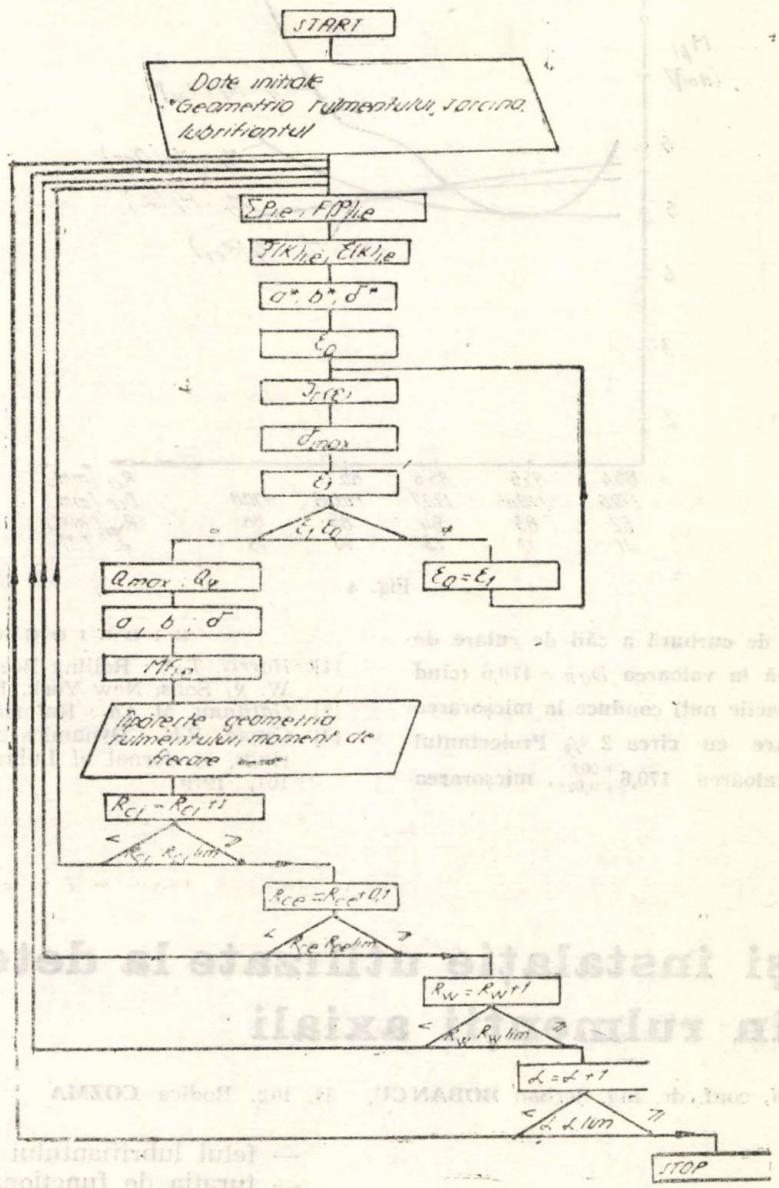


Fig. 3

rigidității, a deformațiilor și a momentului de frecarea pe elipse. S-a pornit de la dimensiunile geometrice ale rulmentului standard, modificînd ulterior R_{CI}, D_{CE}, R_W și unghiul de contact în domeniul toleranțelor indicate de proiectant și apoi și peste limitele toleranțelor de execuție.

Rezultatele obținute au permis trasarea diagramelor din figura 4, care reprezintă alura curbelor de variație a momentului de frecare pe elipsa de contact a inelului interior, în funcție de mărimea parametrilor geometrici modificați prin programul de calcul. Momentul de frecare de pe lipsa rolă-inel exterior prezintă un mod de variație aproape identic cu cel al momentului de frecare rolă-inel interior.

Se observă că cea mai mare influență asupra momentului de frecare o are modificarea razei de curbură a rolei R_W, urmată de modificarea razei de curbură a inelului interior R_{CI}, modificarea lui D_{CE} și a unghiului de contact avînd influențe nesemnificative comparativ cu modificarea primilor doi parametri.

Concluzii

Modificarea razei de curbură a rolei de la valoarea indicată de proiectant $R_W = 84 \pm 0{,}4$ pînă la o valoare plasată în zona $R_W = 83 \pm 0{,}1$ conduce la micșorarea

momentului de frecare de pe elipsele de contact cu circa 2,8 %; aceste modificări nu conduc la scăderea durabilității rulmentului, din analiză eliminîndu-se cazurile în care încărcările rolelor depășesc valorile sarcinii obținute pentru rulmentul standard.

cîmpului de toleranță (deci mărirea clasei de precizie) avînd efecte favorabile asupra frecării din rulment.

Modificarea unghiului de contact α nu are importanța deosebită asupra frecării de pe elipsele de contact.

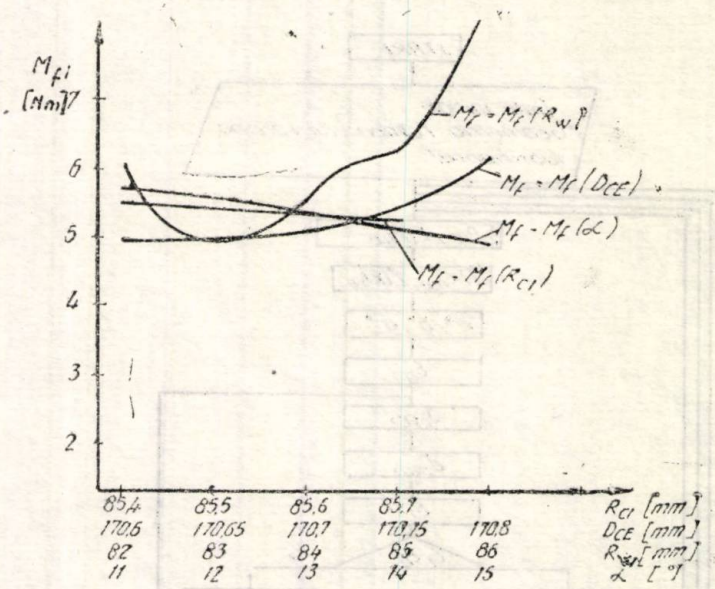


Fig. 4

Micșorarea razei de curbură a căii de rulare de pe inelul exterior pînă la valoarea $D_{CE} = 170{,}6$ (cînd jocul radial devine practic nul) conduce la micșorarea momentului de frecare cu circa 2 %. Proiectantul indică pentru D_{CE} valoarea $170{,}6^{+0{,}07}_{+0{,}025}$, micșorarea

BIBLIOGRAFIE

[1] *Harris, T.A.* : Rolling Bearing Analysis, Ed. John W. & Sons, New York, 1984.

[2] *Gafițanu, M. ș.a.* : Rulmenți, Ed. Tehnică, 1985.

[3] *Gupta, P.K.* : Dynamics of Rolling-Element Bearings, în Jornal of Lubrication Technology, vol. 101, 1979.

CZ : 531.43/.46 : 621.822

Metodă și instalație utilizate la determinarea frecării în rulmenții axiali

Ș.l. ing. Ioan **CRIȘAN**, conf. dr. ing. Șerban **BOBANCU**, as. ing. Rodica **COZMA** — Universitatea Brașov

Generalități

Se știe [1, 2, 5] că în rulmenți — în general — există pierderi de energie datorită frecărilor care apar între elementele componente. Astfel, în timpul funcționării unui rulment — atît la mersul în gol, dar mai ales la mersul în sarcină — apare un moment de frecare opus mișcării și care solicită suplimentar atît corpurile de rostogolire ale rulmentului, cît și căile de rulare ale acestuia.

Valoarea acestui moment de frecare este influențată de mai mulți parametri, dintre care se amintesc :

— sarcina axială din rulment ;

— condițiile de ungere și etanșare a rulmentului ;

— felul lubrifiantului folosit ;

— turația de funcționare ;

— temperatura de funcționare ;

— condițiile de prelucrare a căilor de rulare și ale corpurilor de rostogolire ;

— proprietățile elastice ale materialului, ș.a.

La rulmenții axiali, se deosebesc trei categorii de pierderi prin frecare și anume :

— pierderi datorită mișcării relative, care apar între corpurile de rostogolire și căile de rulare ;

— pierderi ce apar între corpurile de rostogolire și colivia rulmentului ;

— pierderi datorită frecării dintre elementele mobile ale rulmentului și lubrifiant.

Evident, studiul teoretic actual este incapabil de a da un răspuns satisfăcător în ceea ce privește influența simultană a tuturor parametrilor asupra frecării în rulmenți, motiv pentru care la catedra O.M.M.D. a Universității din Brașov s-a proiectat și executat o instalație cu ajutorul căreia se studiază frecarea în rulmenții axiali.

Descrierea metodei de determinare

Metoda care stă la baza determinării experimentale a momentului de frecare în rulmenții axiali, la mersul în sarcină, constă în încărcarea rulmentului supus determinărilor cu sarcină constantă (ambele fiind cunoscute, dar ale căror valori pot varia în intervale stabilite) și măsurarea momentului de frecare ce apare în rulment, utilizînd principiul rezistiv.

Așadar metoda permite determinarea momentului de frecare global din rulment, sub acțiunea simultană a tuturor parametrilor amintiți la paragraful 1.

Descrierea și funcționarea instalației

Instalația pentru determinarea frecării în rulmenții axiali cu bile, prezentată schematic în figura 1, se compune din următoarele părți :

1 — șurub pentru realizarea sarcinii axiale din rulment ;
2 — suportul arcului;
3 — arc etalonat pentru măsurarea sarcinii din rulment ;
4, 5 — pastile durificate cu locașuri sferice ;
6 — carcasă mobilă ;
7 — bucșă suport pentru rulmenții axiali ;
8 — capac ;
9 — rulmenți radiali-axiali cu bile ;
10 — carcasă fixă ;
11 — capac ;
12, 13 — variator frontal ;
14 — mecanism de reglare a turației variatorului ;
15 — seria suport a motorului electric **16** ;
17 — arbore ;
18 — rulment axial ;
19 — rulmentul supus determinării ;
20 — sferă ;
21 — pîrghie ;
22 — arc lamelar încastrat la capătul din dreapta și liber la celălalt ;

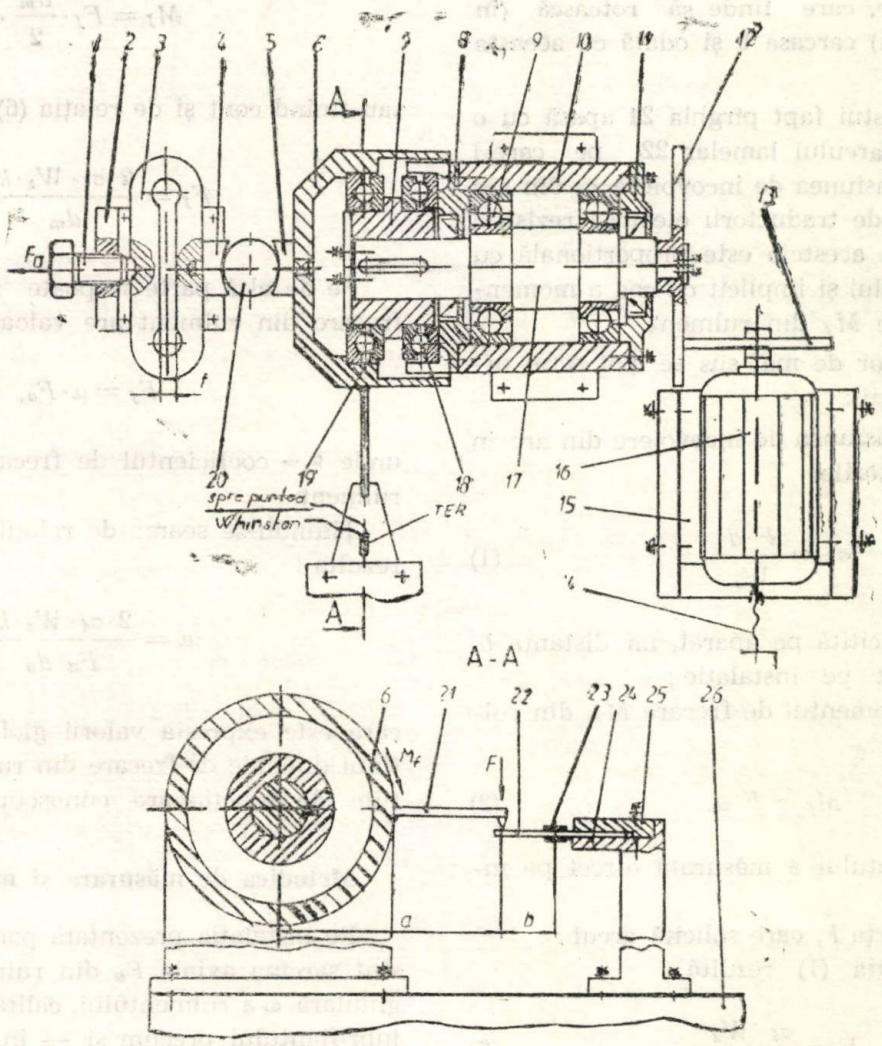


Fig. 1 Schema generală a instalației.

23 — traductori electrici rezistivi ;
24 — suportul arcului ;
25 — placa de fixare a arcului lamelar ;
26 — placa suport a instalației.

Instalația prezentată funcționează în felul următor :

Se pornește motorul electric **16** și se reglează turația în variator la valoarea dorită cu ajutorul mecanismului șurub-piuliță — **14,** valoarea turației fiind măsurată cu ajutorul unui turometru mecanic. Se strînge șurubul **1**, pînă la o valoare o forței axiale F_a, dorită, valoare indicată de deformația arcului **3** (se cunoaște caracteristica elastică a arcului).

Forța axială se transmite de la arcul **3** prin intermediul pastilelor **4, 5** și al sferei **20** la carcasa mobilă **6**. Pe carcasa **6** se află încastrată pîrghia **21,** care la capătul ei liber vine în contact cu arcul lamelar **22**.

Frecarea din rulment dă naștere la un moment de frecare, care tinde să rotească (în sensul mișcării) carcasa **6** și odată cu aceasta și pîrghia **21**.

Datorită acestui fapt pîrghia **21** apasă cu o forță F asupra arcului lamelar **22,** pe care-l deformează. Tensiunea de încovoiere σ_i din arc este semnalată de traductorii electrici rezistivi **23,** iar valoarea acesteia este proporțională cu deformația arcului și implicit cu cea a momentului de frecare M_f din rulment.

Conform celor de mai sus se pot scrie următoarele relații :

a) pentru tensiunea de încovoiere din arc în dreptul traductorilor

$$\sigma_i = \frac{F \cdot d}{W_z}, \tag{1}$$

cu valoarea σ_i citită pe aparat, iar distanța b, măsurată direct pe instalație ;

b) pentru momentul de frecare M_f, din rulment :

$$M_f = F \cdot a, \tag{2}$$

cu valoarea brațului a măsurată direct pe instalație ;

c) pentru forța F, care solicită arcul :

— din relația (1) rezultă

$$F = \frac{\sigma_i \cdot W_z}{b}, \tag{3}$$

— din relația (2), rezultă

$$F = \frac{M_f}{a} \tag{4}$$

Din (3) și (4) rezultă valoarea momentului de frecare dată de :

$$M_f = \sigma_i \cdot W_z \cdot \frac{a}{b}, \tag{5}$$

sau

$$M_f = \sigma_i \cdot W_z \cdot k, \tag{6}$$

unde $k = a/b$ = constanta instalației.

Dacă se consideră că forța F_f de frecare din rulment este concentrată la diametrul mediu, d_m, al căilor de rostogolire, atunci, rezultă relația :

$$M_f = F_f \cdot \frac{d_m}{2}, \tag{7}$$

sau ținînd cont și de relația (6), va rezulta

$$F_f = \frac{2 \cdot \sigma_i \cdot W_z \cdot k}{d_m}, \tag{8}$$

Pe de altă parte se poate scrie că forța de frecare din rulment are valoarea

$$F_f = \mu \cdot F_a, \tag{9}$$

unde μ = coeficientul de frecare dinamic din rulment.

Ținîndu-se seama de relațiile (9) și (10), va rezulta :

$$\mu = \frac{2 \cdot \sigma_i \cdot W_z \cdot k}{F_a \cdot d_a} \tag{11}$$

care este expresia valorii globale a coeficientului dinamic de frecare din rulment, în condițiile de funcționare cunoscute.

Metodica de măsurare și modul de lucru

Pe instalația prezentată parametrii variabili sînt sarcina axială F_a din rulment, viteza unghiulară ω a rulmentului, calitatea și cantitatea lubrifiantului precum și — în limite relativ restrînse — seria dimensională a rulmentului.

La valori cunoscute ale forței axiale și ale vitezei unghiulare, se obțin valori corespunzătoare pentru momentul de frecare și coeficientul de frecare.

Pe instalație s-au făcut diverse determinări, dintre care se prezintă (fig. 2) variația coeficientului în funcție de sarcina axială F_a, cît și-n funcție de viteza unghiulară ω, în condiții de funcționare specificate.

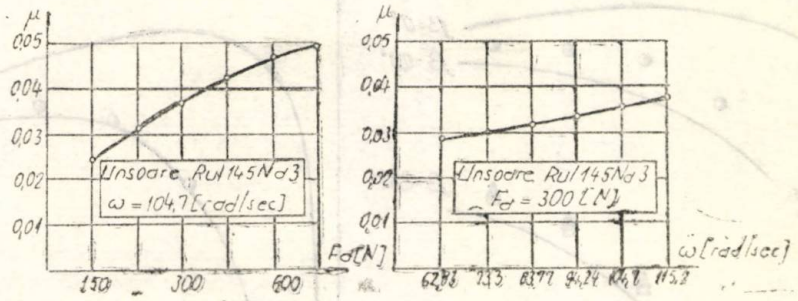


Fig. 2 Diagramele de variație ale coeficientului de frecare.

Cunoscîndu-se momentul de frecare, cît și elementele dimensionale ale rulmentului, cu relația (9) se determină valoarea forței de frecare, iar cu relația (11) — cea a coeficientului de frecare din rulment.

Concluzii

Instalația prezentată a fost proiectată și executată în scopul dotării laboratorului de Tribologie al catedrei O.M.M.D. de la Universitatea din Brașov.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Pavelescu, D. ș.a.*: Tribologie. Editura didactică și pedagogică, București, 1978.

[2] *Pavelescu, D.*: Tribotehnica. Editura tehnică, București, 1982.

[3] *Kragelsky, I., V.*: Friction Wear Lubrication. Tribology Handbook. Editura Mașinostroienie, Moscova, 1982.

[4] *Kragelsky, I., V.*: Uzli treniia mașini. Editura Mașinostroienie, Moscova, 1984.

[5] *Popinceanu, N., Gafitanu, M., Diaconescu, E., Cretu, S. Mocanu, D., R.*: Probleme fundamentale ale contactului de rostogolire. Editura Tehnică, București, 1965.

CZ : 531.43/.46 : 621.892 : 621–53

Tracțiunea în contacte EHD supuse la alunecare laterală

Prof. dr. ing. Em. N. **DIACONESCU** — Institutul de Învățămînt Superior Suceava

Considerații generale

Rezultatele experimentale de tracțiune pe contacte EHD supuse la alunecare laterală, obținute de Winter și Gaggermeier, [1], și de Diaconescu, Ciornei, Iacob ș.a., [2], au arătat că această mișcare parazită are efecte negative drastice asupra capacității de tracțiune utilă. Pentru ilustrare, în figura 1 se prezintă efectul alunecării laterale asupra curbelor de tracțiune după [1], iar în figura 2 se sintetizează variația coeficientului de tracțiune cu unghiul de încrucișare dintre elemente la diverse presiuni hertziene [2].

Pentru explicarea teoretică a acestui fenomen Winter și Gaggermeier, [1], utilizează numai considerente geometrice și cinematice, fără a ține seama de particularitățile lubrifiantului, ajungînd la concluzia că la alunecări laterale nule apar coeficienți negativi de tracțiune. Acceptînd o comportare elastică — perfect plastică a lubrifiantului în contact, Johnson și Tevaarwerk, [3], trasează prin calcul curbe adimensionale de tracțiune cu alunecare laterală, care au o aplicabilitate restrînsă în condiții EHD, din cauza modelului fizic adoptat. Ciornei, [4], acceptă un lubrifiant cu comportare pur vîscoasă și, luînd în considerare efectele termice din film, stabilește expresii de calcul pentru forța de tracțiune în prezența alunecării laterale, care se corelează numai sub aspect calitativ cu rezultatele experimentale.

Ca atare, se justifică o nouă încercare de a explica teoretic fenomenul. În acest sens, prezenta lucrare consideră că în contact lubrifiantul se poate comporta vîscos, elastic sau perfect plastic și încearcă să evalueze pentru fiecare situație efectul alunecării laterale asupra tracțiunii. După cum se arată în [5], rapor-

tul alunecare — rostogolire se definește ca raport între viteza de alunecare Δr_u pe direcția vitezei u_2 a elementului condus și valoarea u_{20} a acestei viteze cînd prin contact nu se transmite putere. Conform figurii 3 aceasta este componenta utilă a vitezei totale de alunecare din contact, $\Delta\vec{u}$, cealaltă componentă fiind chiar viteza de alunecare laterală $\Delta\vec{u}_1$, constantă și parazită. Între mărimile acestor viteze există relațiile evidente:

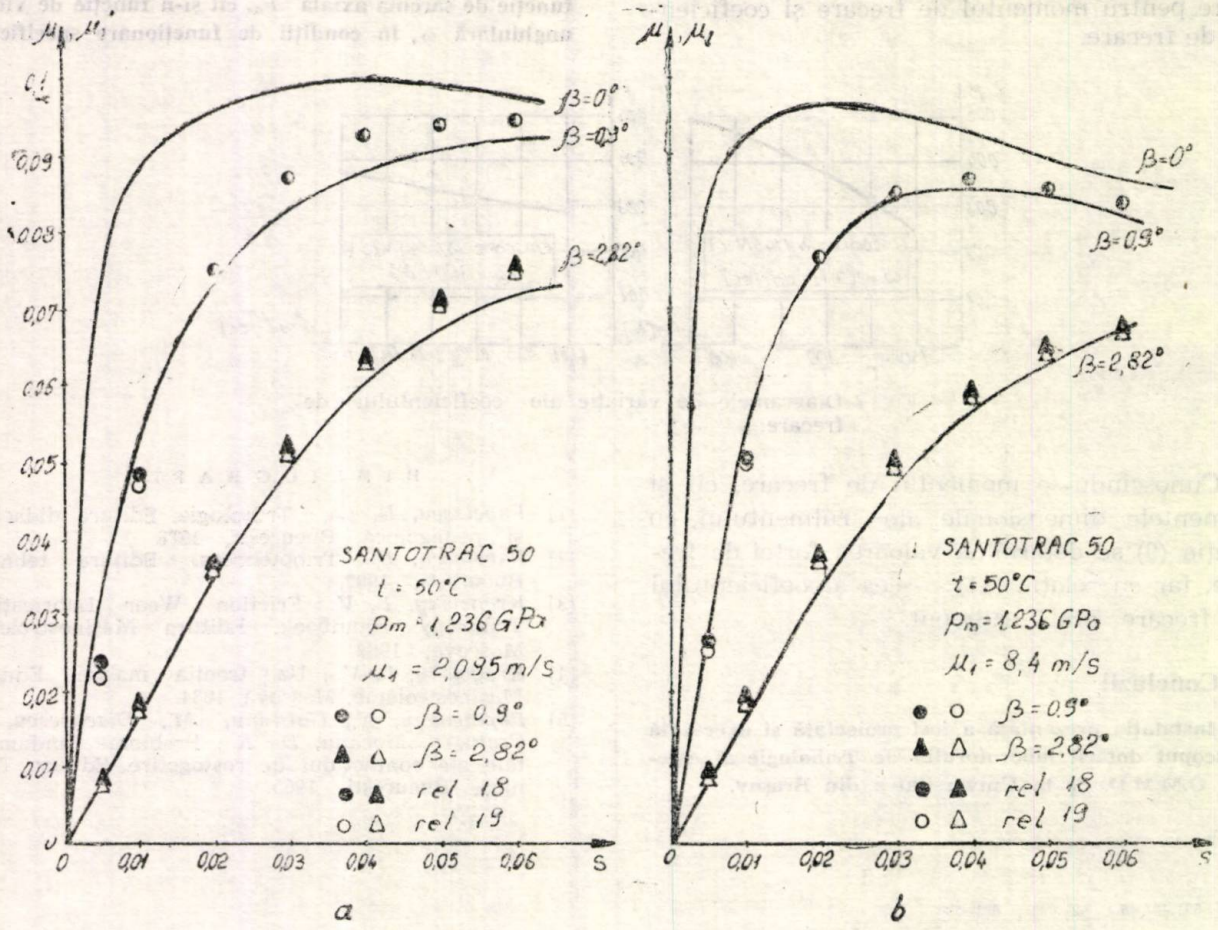


Fig. 1

$$u_{20} = u_1 \cos\beta \tag{1}$$

$$\Delta u_1 = u_1 \sin\beta \tag{2}$$

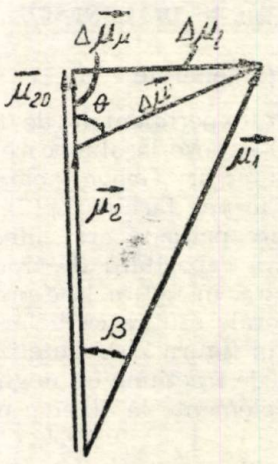


Fig. 3

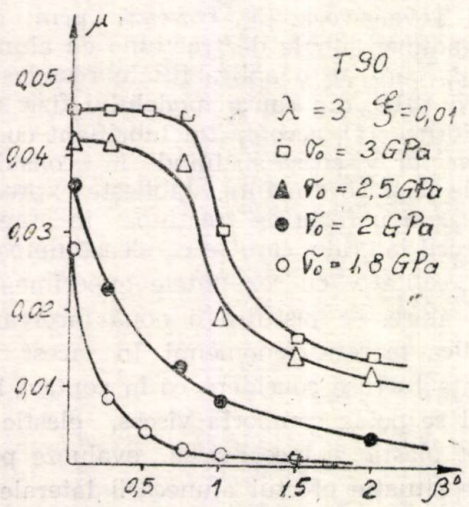


Fig. 2

$$s = \frac{\Delta u_u}{u_{20}} = \frac{\Delta u_u}{u_1 \cos\beta} \tag{3}$$

$$\Delta u^2 = u_1^2 \cos^2\beta(s^2 + \mathrm{tg}^2\,\beta) \tag{4}$$

$$\operatorname{tg}\theta = \frac{1}{s}\operatorname{tg}\beta, \qquad (5)$$

unde :

u_1 este viteza periferică a elementului conducător ;

s — raportul alunecare — rostogolire ;

β unghiul de încrucișare a axelor ;

θ unghiul dintre $\Delta\vec{u}_u$ și $\Delta\vec{u}$.

Pe direcția alunecării globale $\Delta\vec{u}$ apare o tensiune totală de forfecare τ, care are pe direcția vitezei $\vec{u}_2$ componenta utilă τ_u, generatoare a forței tangențiale longitudinale :

$$\tau_u = \tau\cos\theta = \frac{s}{\sqrt{s^2+\operatorname{tg}^2\beta}} \qquad (6)$$

Fluide vîscoase

Atunci cînd fluidul se comportă vîscos în contact, se acceptă ca valabil modelul Eyring :

$$\tau = \tau_0 \operatorname{argsh}\frac{\eta_0\dot{\gamma}}{\tau_0}, \qquad (7)$$

unde $\dot{\gamma}$ reprezintă viteza de forfecare totală, $\dot{\gamma} = \frac{\Delta u}{h}$, h fiind grosimea filmului de lubrifiant, τ_0 tensiunea Eyring a lubrifiantului, iar η_0 vîscozitatea statică sau de repaus a lubrifiantului determinată la viteză nulă de forfecare :

$$\eta_o = \eta_s \exp(\alpha p), \qquad (8)$$

unde η_s este vîscozitatea lubrifiantului la temperatura suprafețeor în contact și la presiune atmosferică, iar α coeficientul de piezovîscozitate, [5].

Ținînd seama de (4) și (7), tensiunea de forfecare utilă din filmul de lubrifiant devine:

$$\tau_u = \frac{\tau_0 s}{\sqrt{s^2+\operatorname{tg}^2\beta}}\operatorname{argsh}\left[\frac{\eta_0 u_1\cos\beta}{\tau_0 h}\sqrt{s^2+\operatorname{tg}^2\beta}\right], \qquad (9)$$

deoarece presiunea pe aria de contact, vîscozitatea η_0, dată de (8), și deci tensiunea τ_u, (9), variază de la punct la punct. Conform [5] valoarea medie a acestei tensiuni se obține dacă în (9) vîscozitatea η_0 se calculează cu presiunea medie din contact, p_m, și cu valoarea medie, α_m, a coeficientului de piezovîscozitate din peliculă :

$$\tau_m = \frac{\tau_0 s}{\sqrt{s^2+\operatorname{tg}^2\beta}}\operatorname{argsh}\left[\frac{\eta_m u_1\cos\beta}{\tau_0 h}\sqrt{s^2+\operatorname{tg}^2\beta}\right], \qquad (10)$$

unde $\eta_m = \eta_s \exp(\alpha_m p_m)$.

Coeficientul de tracțiune în prezența alunecării laterale, μ_1, este raportul între tensiunea medie de forfecare și presiunea medie din contact :

$$\mu_1 = \frac{\tau_m}{p_m} = \frac{\tau_0 s}{p_m\sqrt{s^2+\operatorname{tg}^2\beta}}\operatorname{argsh}\cdot$$

$$\cdot\left[\frac{\eta_m\mu_1\cos\beta}{\tau_0 h}\sqrt{s^2+\operatorname{tg}^2\beta}\right] \qquad (11)$$

Relația (11) poate fi utilizată direct pentru calculul coeficientului de tracțiune μ_1. Dificultatea aplicării ei constă în faptul că utilizează funcții hiperbolice inverse, relativ dificil de calculat. Din acest motiv, pe baza faptului că în puncte mai îndepărtate de origine argumentul funcție argsh din relația (11) este mult mai mare decît unitatea, funcția *argshx* se aproximează prin $\ln 2x$, așa încît expresia lui μ_1 poate fi scrisă sub forma mai simplă [5], :

$$\mu_1 = \frac{\tau_0 s}{p_m\sqrt{s^2+\operatorname{tg}^2\beta}}\ln\left[\frac{2\eta_m u_1\cos\beta}{\tau_0 h}\sqrt{s^2+\operatorname{tg}^2\beta}\right] \qquad (12)$$

În cazul alunecării laterale nule (β=0), conform relației (12), coeficientul de tracțiune μ este dat de :

$$\mu = \frac{\tau_0}{p_m}\ln\frac{2\eta_m u_1 s}{\tau_0 h} \qquad (13)$$

Din ultimele două relații se poate deduce ușor următoarerea legătură între μ_1 și μ:

$$\mu_1 = \frac{s}{\sqrt{s^2+\operatorname{tg}^2\beta}}\cdot$$

$$\cdot\left[\mu + \frac{\tau_0}{p_m}\ln\frac{\cos\beta\sqrt{s^2+\operatorname{tg}^2\beta}}{s}\right], \qquad (14)$$

care permite calculul coeficientului de tracțiune μ_1 cînd se cunoaște curba de tracțiune μ (s) în absența alunecării laterale.

Deoarece τ_0 are valori de ordinul 10^6 Pa, iar p_m de ordinul 10^9 Pa, al doilea termen din paranteza relației (14) este relativ mic față de μ, mai ales la alunecări mari, cînd funcția logaritm natural tinde la zero. Neglijînd acest termen, (14) devine :

$$\mu_1 = \frac{s}{\sqrt{s^2+\operatorname{tg}^2\beta}}\mu \qquad (15)$$

Relația (15) reprezintă o legătură simplă între coeficienții de tracțiune cu și fără alunecare laterală, la aceeași alunecare longitudinală utilă, s, în care intervin numai particularitățile geometrice și cinematice ale contactului, evident mult mai simplă decît cea propusă de Winter și Gaggermeier.

Este de așteptat ca relațiile (14) și (15) să dea rezultate mai exacte la valori mici și mari ale alunecării s, cînd alunecarea laterală nu modifică sensibil regimul termic al filmului, și să supraestimeze realitatea în zona de neliniaritate, unde apar încălziri suplimentare ale lubrifiantului din cauza alunecării laterale.

Fluide elastice

În cazul comportării elastice tensiunile de forfecare sînt date de produsul dintre lunecarea specifică și modulul de forfecare al lubrifiantului, G, așa încît relația (6) devine :

$$\tau_u = \frac{s}{\sqrt{s^2 + \mathrm{tg}^2\beta}} G \cdot \gamma \qquad (16)$$

Lunecarea specifică γ se obține prin integrarea în raport cu timpul a vitezei de forfecare $\dot{\gamma} = \Delta u/h$, cu condiția inițială că la intrarea în contact ($t = 0$), $\gamma = 0$;

$$\gamma = \frac{\Delta u}{h} t \qquad (17)$$

Valoarea medie a lui γ pe aria de contact este γ_m :

$$\gamma_m = \frac{\Delta u}{h} \frac{ka}{u_1} = \frac{ka}{h} \cos\beta \sqrt{s^2 + \mathrm{tg}^2\beta}, \qquad (18)$$

unde k este o constantă dependentă de tipul contactului ($k = 1$ la contact liniar și $k = 8\pi/3$ cel punctual [5], iar a reprezintă semiaxa elipsei de contact pe direcția de rostogolire.

Tensiunea utilă medie se obține înlocuindu-l pe γ prin γ_m în (16) :

$$\tau_m = k \frac{a}{h} Gs \cos\beta, \qquad (20)$$

iar coeficientul de tracțiune μ_1 devine :

$$\mu_1 = \frac{\tau_m}{p_m} = k \frac{a}{h} \frac{G}{p_m} s \cos\beta \qquad (21)$$

Coeficientul de tracțiune în lipsa alunecării laterale ($\beta = 0$) este :

$$\mu = k \frac{a}{h} \frac{G}{p_m} s, \qquad (22)$$

așa încît rezultă următoarea relație simplă între μ_1 și μ :

$$\mu_1 = \mu \cos\beta \qquad (23)$$

Relația (23) arată că, în cazul comportării elastice a lubrifiantului, tracțiunea este foarte puțin sensibilă la alunecarea laterală, deoarece uzual $\beta < 3°$, așa încît practic $\cos\beta = 1$. Cum rezultatele experimentale arată efecte negative evidente ale alunecării laterale la alunecări și înclinări oricît de mici, este clar că lubrifianții utilizați nu se comportă elastic în contact.

Fluide perfect plastice

Fluidele perfect plastice au, în condiții izoterme și izobare, tensiunea totală de forfecare τ constantă și egală cu limita de curgere a lubrifiantului, τ_c, limită care variază liniar cu presiunea, [5] :

$$\tau_c = m\,(p - p^*), \qquad (24)$$

m fiind o constantă, iar p^* presiunea la care $\tau_1 = 0$; p^* are valori reduse sau nule la majoritatea uleiurilor.

Tensiunea utilă, conform relației (6) devine :

$$\tau_u = \frac{s}{\sqrt{s^2 + \mathrm{tg}^2\beta}} \tau_c = \frac{s_m}{\sqrt{s^2 + \mathrm{tg}^2\beta}} (p - p^*) \qquad (25)$$

Tensiunea medie utilă τ_m se obține prin mediere a lui τ_u pe aria de contact, A, :

$$\tau_m = \frac{1}{A} \int \tau_u dA = \frac{s_m}{\sqrt{s^2 + \mathrm{tg}^2\beta}} (p_m - p^*), \qquad (26)$$

așa încît coeficientul de tracțiune μ_1 devine :

$$\mu_1 = \frac{s_m}{\sqrt{s^2 + \mathrm{tg}^2\beta}} \left(1 - \frac{p^*}{p_m}\right)$$

Coeficientul de tracțiune μ rezultă pentru $\beta = 0$:

$$\mu = m\left(1 - \frac{p^*}{p_m}\right),$$

iar între μ_1 și μ există următoarea relație :

$$\mu_1 = \frac{s}{\sqrt{s^2 + \mathrm{tg}^2\beta}} \mu,$$

aidoma ca formă cu relația simplificată (15) din cazul fluidelor vîscoase.

Concluzii

Rezultatele experimentale prezentate în figurile 1 și 2 exclud ideea că în contact lubrifantul se comportă elastic. Rămîne astfel ca posibilă comportarea vîscoasă pe întregul traseu al curbelor de tracțiune și comportarea perfect plastică la dreapta vîrfului acestor curbe. Este semnificativ faptul că în acest din urmă domeniu ambele ipoteze conduc la comportări identice (15 și 29).

Pentru verificarea relațiilor (14) și (15), pe figura 1 sînt plasate punctele reprezentative ale coeficientului de tracțiune μ_1 calculat cu aceste relații. Se constată o concordanță surprinzător de bună între teorie și experiment, relația (14) dovedindu-se, firesc, superioară la alunecări longitudnale mici, iar (19) marginal mai bună la alunecări longitudinale medii și mari. Deoarece relația (15) sau (29) nu necesită cunoașterea proprietăților lubrifiantului, ea se recomandă pentru calcule expeditive. Superioritatea acestor din urmă relații la alunecări mari sugerează comportarea perfect plastică a lubrifianților în această regiune, ceea ce poate explica și maximul curbelor de tracțiune prin efecte termice, știind că τ_c scade cu temperatura.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Winter, H., Gaggermeier, H.* : Versuche zur Kraftübertragung in Verstell — Reibradgetrieben.., Konstruction 31 (1971), H.1, 2—6, H.2, 55—62.
[2] *Diaconescu, E.N., Ciornei, I.M., ş.a.* : Influenţa alunecării laterale asupra tracţiunii EHD, VAREHD 3, Suceava 1984, 33—46.
[3] *Tevaarwerk, J.L., Johnson, K.L.* : The influence of fluid rheology on the performance of traction drives, Trans. ASME, J.L.T., 101, 1979, 266—274.
[4] *Ciornei, I.M.* : Utilizarea efectelor EHD în construcţia variatoarelor de turaţie cu bile, Teză doctorat, Buc. 1986.
[5] *Diaconescu, E.N.* : Efectul alunecării laterale asupra tracţiunii EHD, VAREHD 4, Suceava, 1986.

CZ : 621.832 : 621—235 : 621—85

Consideraţii privind determinarea capacităţii portante a transmisiilor de tip şurub cu role

Ş.l. dr. ing. Ştefan **STANCIU**, as. ing. Emilian **BARBU** — Institutul Politehnic Bucureşti

Perfecţionare a continuă a maşinilor-unelte cu comandă program, a liniilor tehnologice, a roboţilor şi manipulatoarelor industriale, a echipamentelor din industria aerospaţială şi din centralele termo-nucleare a impus necesitatea realizării unor transmisii mecanice cu elemente de rostogolire capabile să asigure avansuri de lucru pînă la 60 m/min. Pentru alte aplicaţii (industria electronică, mese de desenat şi trasat) sînt necesare transmisii mecanice care să permită realizarea unor avansuri mici de poziţionare, fără reductoare în lanţul cinematic, cu păstrarea performanţelor tehnice ale acestora.

Şuruburile cu role îşi găsesc din ce în ce mai frecvent utilitatea în rezolvarea acestor probleme.

Dintre avantajele sistemelor cu role studiate în lucrare, comparativ cu şuruburile cu bile, se pot enumera următoarele : capacitatea portantă superioară, durabilitate sporită, posibilitatea reducerii turaţiilor de lucru prin utilizarea unor paşi mici ai filetului şurubului, regim termic mai avantajos, lipsa reversibilităţii mişcării (eliminîndu-se sistemele de blocare la transmisiile verticale) şi preţ de cost mai avantajos. Randamentul transmisiilor de tip şurub cu role este comparabil cu cel al şuruburilor cu bile.

Pentru facilitatea studiului este prezentat, în figura 1, ansamblul de tip şurub cu role reticulare. Se observă faptul că atît şurubul **1** cît şi piuliţa 2 au acelaşi tip de filet (cu unghi de înclinare mic al elicei), în timp ce rolele satelit 3 sînt doar canelate. La recircularea rolelor satelit contribuie atît camele **4**, fixate în piuliţă cu ajutorul şuruburilor 5, cît şi degajarea longitudinală practicată în piuliţă. Colivia **6** menţine rolele echidistante pe circunferinţă.

Antrenarea rolelor de către şurubul în mişcare de rotaţie le determină acestora şi un avans axial — transmis la rîndul lui piuliţei ; se obţine astfel o transformare a mişcării de rotaţie în mişcare de avans axial, necesară antrenării unei sănii solidare cu piuliţa.

În figura 2 sînt prezentate principalele elemente geometrice ale transmisiei, precum şi schema de forţe.

Componentele forţei normale pe spiră sînt :

$$F_t = \frac{F_a}{z \cdot i_R} \cdot \operatorname{tg}(\lambda_s + \varphi) \qquad (1)$$

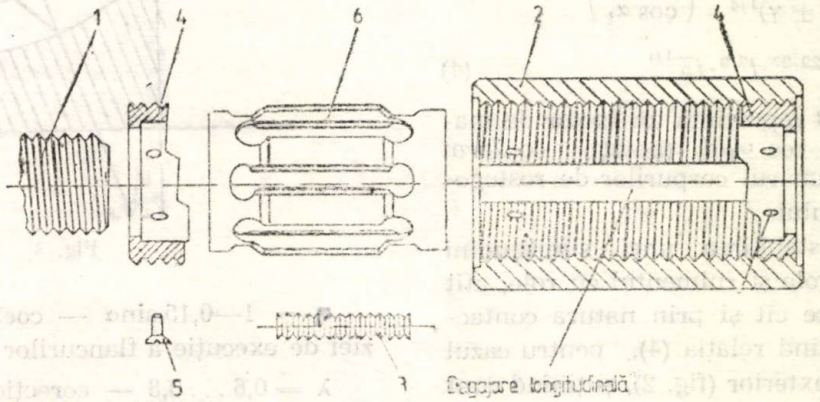


Fig. 1

și

$$F_r = \frac{F_a}{z \cdot i_R} \cdot \frac{1}{\operatorname{tg} \alpha \cdot \cos(\lambda_s + \varphi)} \qquad (2)$$

rezultînd

$$F_n = \frac{F_a}{z \cdot i_R} \cdot \frac{1}{\sin \alpha \cdot \cos(\lambda_s + \varphi)} \qquad (3)$$

$$Q = B \cdot k_1 \cdot \eta \cdot \lambda \cdot \frac{(1-\gamma)^{\frac{29}{27}}}{(1+\gamma)^{\frac{1}{4}}} \cdot \left(\frac{\gamma}{\sin \alpha}\right)^{\frac{2}{9}} \cdot D^{\frac{29}{27}} \cdot l^{\frac{7}{9}} \cdot i_R^{-\frac{1}{4}} \qquad (5)$$

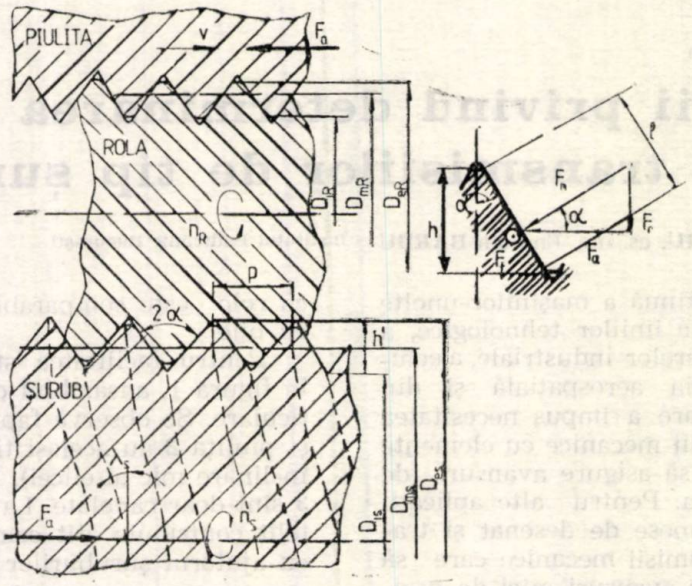


Fig. 2

în care :

$\lambda_s = \operatorname{arctg} \dfrac{p}{\pi D_{m^2}}$, p fiind pasul șurubului și $\varphi = \operatorname{arctg} \mu$, μ fiind coeficientul de frecare convențional, determinat experimental.

Cu z a fost notat numărul spirelor unei role în contact cu șurubul și cu i_R — numărul rolelor unei transmisii.

Pentru determinarea capacității dinamice a transmisiei a fost stabilită o analogie cu cazul rulmenților radial-axiali cu role la care capacitatea dinamică de bază are forma :

$$Q = B \frac{(1 \pm \gamma)^{29/27}}{(1 \pm \gamma)^{1/4}} \cdot \left(\frac{\gamma}{\cos \alpha_1}\right)^{2/9} \cdot D^{29/27} \cdot l^{7/9} \cdot i_R^{-1/4} \qquad (4)$$

În relația (4) B reprezintă un factor de material [1], $\gamma = D \cos \alpha_1 / d$ (notații conform fig. 3) și i_R — numărul corpurilor de rostogolire ale rulmentului.

Este posibilă stabilirea unei similitudini între șurubul cu role și rulmentul cu role, atît pe baze geometrice cît și prin natura contactului liniar. Adaptînd relația (4), pentru cazul contactului liniar exterior (fig. 2), și ținînd cont de influențele funcționale se obține:

Se stabilesc notațiile :

$k_1 = 0{,}42 \ldots 0{,}56$ — coeficient datorat repartiției neuniforme a sarcinii între corpurile de rulare ;

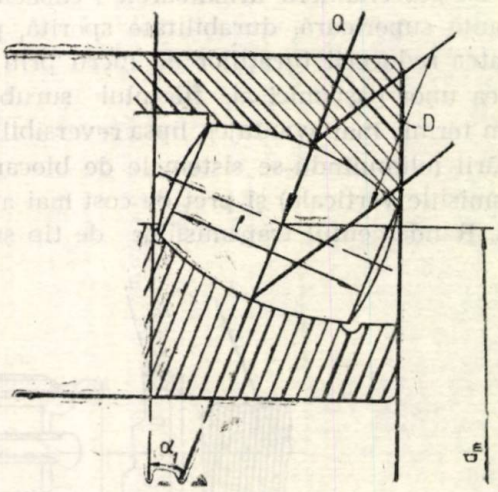


Fig. 3

$\eta = 1 - 0{,}15 \sin \alpha$ — coeficient al impreciziei de execuție a flancurilor filetului ;

$\lambda = 0{,}6 \ldots 0{,}8$ — corecție datorată concentratorilor de tensiuni de la capetele fișiei de

contact liniar și a repartiției excentrice a forței pe role (contact liniar modificat) [1];

$$\gamma = \frac{D_{mR}/D_{ms}}{D_{mR}/D_{ms}+1}\sin\alpha = \frac{\delta}{\delta+1}\cdot\sin\alpha$$

În cazul contactului șurub — rolă se mai pot nota:

$$l = \frac{hz}{\cos\alpha}$$

$$D = \frac{D_{mR}}{\sin\alpha}$$

$$Q = \frac{F_a}{\sin\alpha\cdot\cos(\lambda_s+\varphi)}$$

Relația generală pentru calculul forței axiale preluate de un sistem șurub cu role are forma:

$$F_a = Bk_1\eta\lambda\cdot\sin\alpha^{-\frac{2}{27}}\cdot\cos\alpha^{-\frac{7}{9}}\cdot\cos(\lambda_s+\varphi)\cdot$$
$$\cdot\frac{[1+\delta(1-\sin\alpha)]^{\frac{29}{27}}}{[1+\delta(1+\sin\alpha)]^{\frac{1}{4}}}\cdot\delta^{\frac{35}{27}}\cdot(1+\delta)^{-\frac{113}{108}}$$
$$\cdot D_{mc}^{\frac{29}{27}}\cdot(hz)^{\frac{7}{9}}\cdot i_R^{-\frac{1}{4}} \qquad (6)$$

În cazul studiat pentru $2\alpha = 90°$ (valoare recomandată) și adoptînd din motive tehnologice și funcționale $h = 0{,}3\ p$, pentru $\eta = 0{,}894$, $k_1 = 0{,}45$, $\lambda = 0{,}62$ și $B = 600$ rezultă capacitatea dinamică a sistemului

$$C = i_R\cdot F_a,$$

adică

$$C = 55\cos\left[\operatorname{arctg}\frac{p}{\pi D_{ms}}+\varphi\right]\cdot$$
$$\cdot\frac{[\sqrt{2}(1+\delta)-\delta]^{\frac{29}{27}}}{[\sqrt{2}(1+\delta)+\delta]^{\frac{1}{4}}}\cdot\delta^{\frac{35}{27}}\cdot(1+\delta)^{-\frac{113}{108}}\cdot$$
$$\cdot D_{ms}^{29/27}\cdot(pz)^{7/9}\cdot i_R^{3/4} \qquad (7)$$

S-a notat $\delta = \frac{D_{mR}}{D_{ms}}$.

Înlocuind p și D_{ms} în milimetri, rezultă capacitatea dinamică în newtoni.

Obținerea relației (7) a fost obiectivul prim al studiului de față, dat fiind faptul că din literatura de specialitate nu apare posibilitatea calculului acestei mărimi.

Este de relevat faptul că în expresia obținută au fost luate în considerare atît elementele geometrice caracteristice transmisiei, cît și influențele funcționale specifice contactului liniar.

Pentru a putea valida relația stabilită, au fost adoptate cîteva seturi de mărimi geometrice pentru care au fost deduse capacitățile portante conform relației (7), (tab. 1).

Tabelul 1

D_{ms} [mm]	p [mm]	pz	i_R	φ	δ	C (calculat) [N]	C (catalog) [N]
20	4	21	11	0,45°	0,166	9,650	10000
					0,25	15231	*
					0,333	20656	17000
40	4	50	12	0,45°	0,166	42558	42000
					0,25	67169	*
					0,333	91093	96000
63	6	65	13	0,45°	0,166	90258	96000
					0,25	142451	*
					0,333	193189	200000
80	6	90	12	0,45°	0,166	141468	163000
					0,25	223274	*
					0,333	302799	240000
100	8	110	12	0,45°	0,166	210115	216000
					0,25	331619	*
					0,333	449733	300000

În tabelul 1, pentru φ s-a adoptat o valoare medie, verificată experimental, iar pentru rubricile cu steluță nu există date de catalog.

Se constată o bună concordanță a datelor calculate, comparativ cu cele înscrise în cataloage de firmă românești sau străine. Este de menționat faptul că la dimensiuni mari ($D_{ms} > 80$ mm), diferențele sînt relativ mari și pot fi explicate prin imprecizia execuției coroborată cu deformațiile elastice ale spirelor, considerate corpuri încastrate. Pentru $D_{ms} \geq 100$ mm se corectează deci relația propusă (7) cu un coeficient numeric egal cu 3/4.

Deducerea relației (7) ne permite să studiem influențele diverșilor parametri geometrici asupra acestei mărimi atît de importante în alegerea transmisiei de tip șurub cu role.

În figurile 4 ... 9 sînt prezentate cîteva dependențe și anume:

$C = f(D_{ms}$ și $pz)$ — (fig. 4);

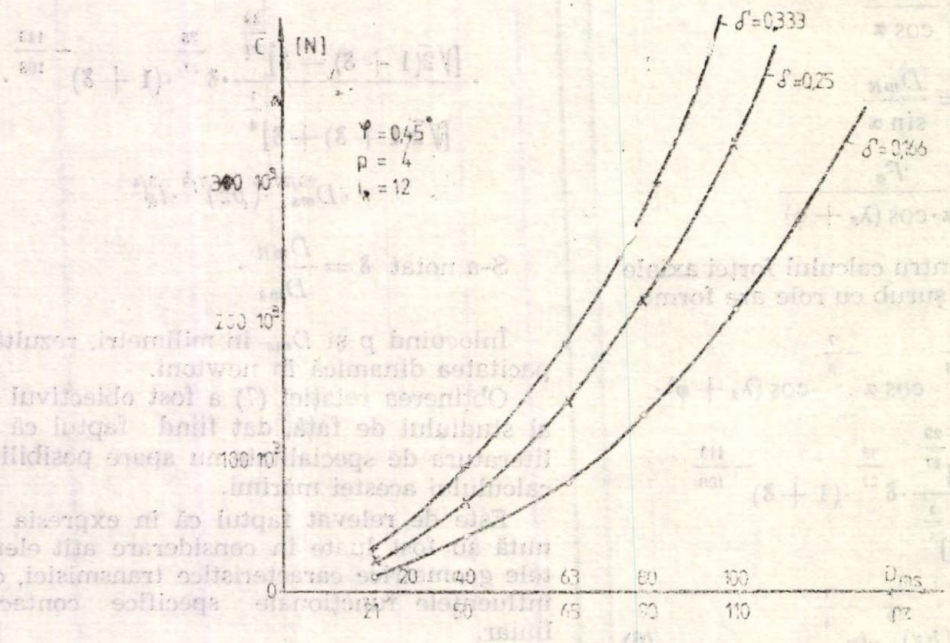


Fig. 4

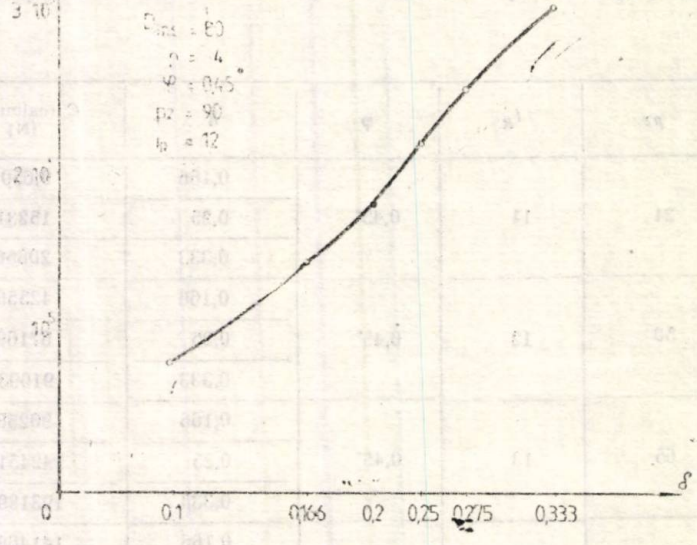


Fig. 5

$C = f(\delta)$ — (fig. 5);
$C = f(\varphi)$ — (fig. 6);
$C = f(z)$ — (fig. 7);
$C = f(p)$ — (fig. 8);
$C = f(i_R)$ — (fig. 9).

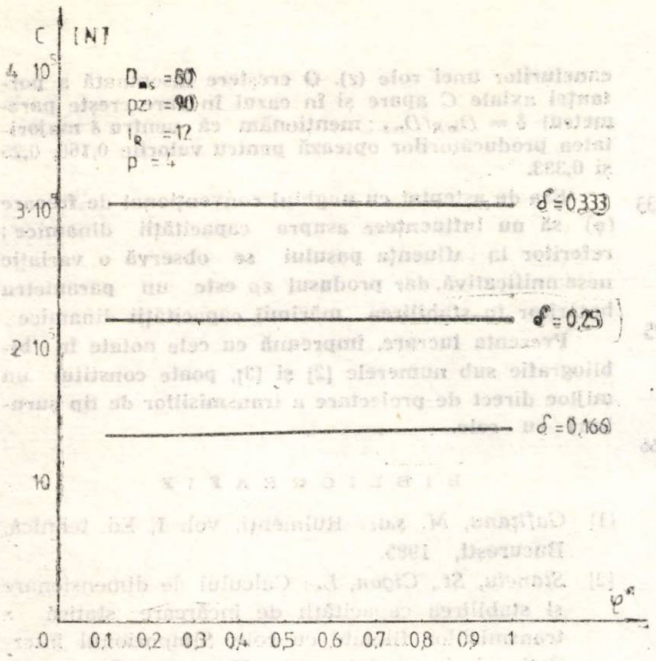


Fig. 6

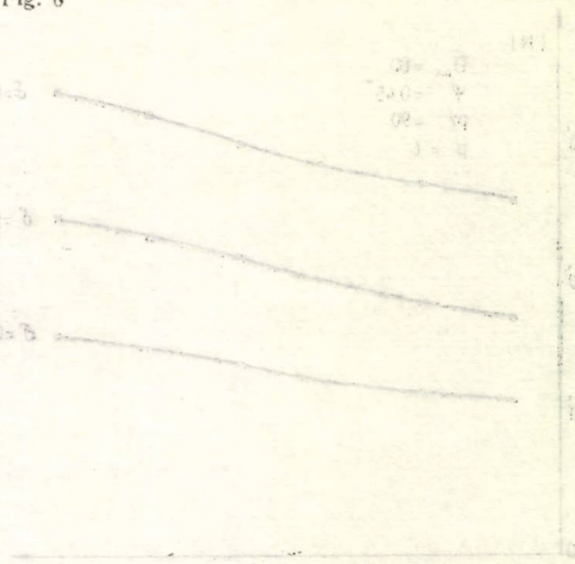
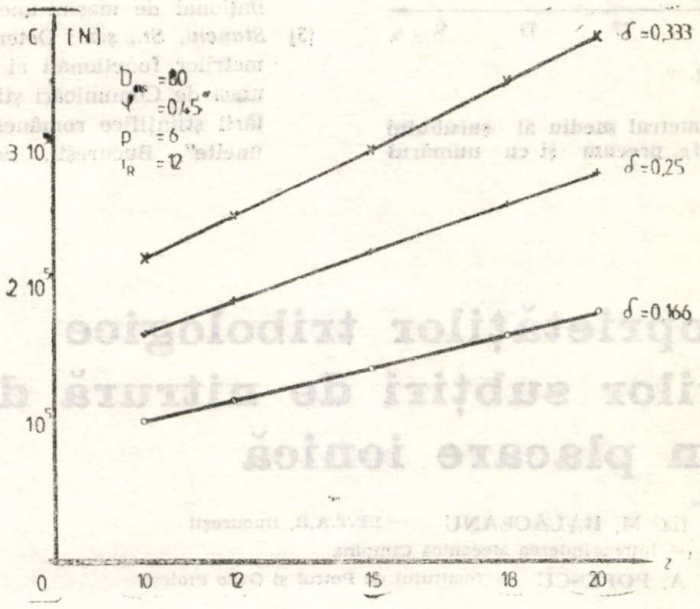


Fig. 7



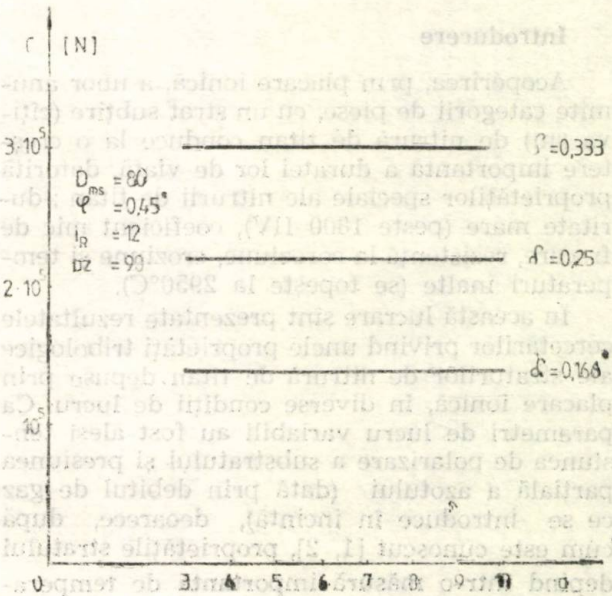


Fig. 8

Analizînd dependențele prezentate, se constată o foarte pronunțată creștere a capacității portante a

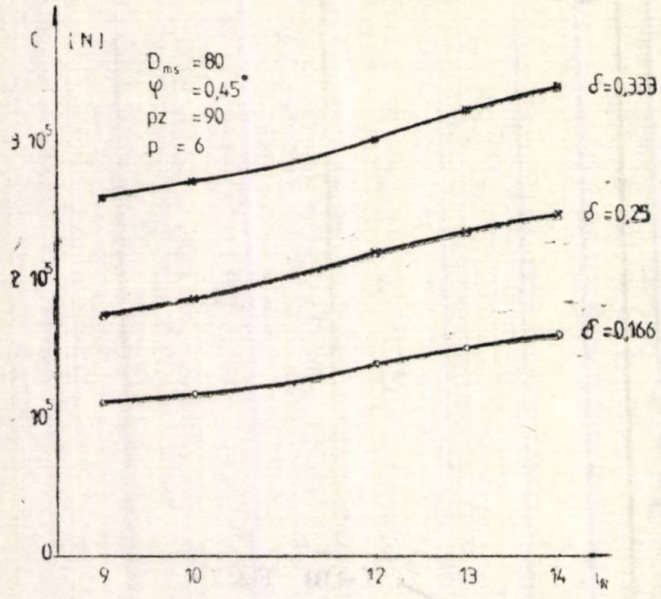


Fig. 9

șuruburilor cu role cu diametrul mediu al șurubului (D_{ms}), cu numărul rolelor i_R, precum și cu numărul canelurilor unei role (z). O creștere însemnată a portanței axiale C apare și în cazul în care crește parametrul $\delta = D_{mR}/D_{ms}$; menționăm că pentru δ majoritatea producătorilor optează pentru valorile 0,166, 0,25 și 0,333.

Era de așteptat cu unghiul convențional de frecare (φ) să nu influențeze asupra capacității dinamice; referitor la influența pasului se observă o variație nesemnificativă, dar produsul zp este un parametru hotărîtor în stabilirea mărimii capacității dinamice.

Prezenta lucrare, împreună cu cele notate în bibliografie sub numerele [2] și [3], poate constitui un mijloc direct de proiectare a transmisiilor de tip șuruburi cu role.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Gafițanu, M. ș.a.*: Rulmenți, vol. I, Ed. tehnică, București, 1985.

[2] *Stanciu, St., Cigan, L.*: Calculul de dimensionare și stabilirea capacității de încărcare statică a transmisiilor filetate cu role, Simpozionul internațional de mașini-unelte, Varșovia, 1985.

[3] *Stanciu, St., ș.a.*: Determinarea analitică a parametrilor funcționali ai șuruburilor cu role. Sesiunea de Comunicări științifice „Progresele cercetării științifice românești în domeniul mașinilor-unelte", București, 1986.

CZ : 621.893 : 620.197

Studiul proprietăților tribologice ale straturilor subțiri de nitrură de titan, depuse prin placare ionică

Dr. fiz. C. **POPOVICI**, dr. fiz. M. **BĂLĂCEANU** — I.F.T.A.R. București
Ing. Gheorghe **NICULAE** — Întreprinderea Mecanică Cîmpina
Dr. ing. Ioan **TUDOR**, fiz. A. **POPESCU** — Institutul de Petrol și Gaze Ploiești

Introducere

Acoperirea, prin placare ionică, a unor anumite categorii de piese, cu un strat subțire (cîțiva μm) de nitrură de titan conduce la o creștere importantă a duratei lor de viață, datorită proprietăților speciale ale nitrurii de titan : duritate mare (peste 1800 HV), coeficient mic de frecare, rezistență la coroziune, eroziune și temperaturi înalte (se topește la 2950°C).

În această lucrare sînt prezentate rezultatele cercetărilor privind unele proprietăți tribologice ale straturilor de nitrură de titan depuse prin placare ionică, în diverse condiții de lucru. Ca parametri de lucru variabili au fost aleși tensiunea de polarizare a substratului și presiunea parțială a azotului (dată prin debitul de gaz ce se introduce în incintă), deoarece, după cum este cunoscut [1, 2], proprietățile stratului depind într-o măsură importantă de temperatura substratului și de densitatea de curent pe substrat — ambele mărimi fiind dependente, la rîndul lor, de tensiunea aplicată pe substrat —, precum și de raportul între presiunea parțială a atomilor de titan și cei de azot.

Măsurările de microduritate, coeficient de frecare și uzură a stratului s-au făcut pe straturi depuse pe pastile plane din OLC-45 îmbunătățit (cu microduritate de 352 $HV_{0,1}$), pentru comparație utilizîndu-se pastilele neacoperite. Deoarece, ca o primă aplicație a acoperirilor cu nitrură de titan, au fost alese diverse categorii de repere utilizate în industria extractivă a petrolului (de exemplu scaunele și bilele pentru supapele pompelor de extracție), determinările coeficienților de frecare și ale uzurii s-au făcut într-un mediu similar cu cel în care lucrează piesele în exploatare și anume țiței brut +25 % apă de zăcămînt +3 % nisip din sondă (în greutate).

Condiții experimentale

Placarea ionică cu nitrură de titan s-a făcut într-o instalație de placare cu tun de electroni cu plasmă, de concepție originală [3]. Schema incintei tehnologice a instalației este prezentată în figura 1.

Principiul metodei de depunere constă în următoarele : în incinta tehnologică ce conține argon și azot la o presiune de circa 2.10^{-2} mbar, se produce evaporarea titanului prin bombardarea acestuia de către fasciculul de electroni energici generat de tunul de electroni cu plasmă. În spațiul cuprins între creuzetul cu titan și piesele supuse placării ionice este generată o plasmă de către tunul de electroni, precum și datorită aplicării unei tensiuni negative de cîțiva kilovolți pe substrat. Prezența plasmei activează reacția între atomii de titan și cei de azot, ducînd la formarea nitrurii de titan ce se depune pe piese. Ionii din plasmă bombardează suprafața substratului, provocînd curățirea și „activarea" suprafeței înainte de depunere, ceea ce duce la o foarte bună aderență strat-substrat. Pe de altă parte, bombardamentul ionic în timpul depunerii determină o structură compactă și fină a depunerii. Datorită presiunii relativ mari din incintă — comparativ cu alte metode de depunere —, pot fi acoperite cu straturi de grosime aproape uniformă piese de formă neregulată, pe suprafețe ce nu sînt vizate direct de către sursa de vapori de titan. Aceste caracteristici — aderență foarte bună, structură compactă cu granulație fină depunere uniformă pe suprafețe de variate forme — constituie principalele avantaje ale placării ionice față de alte procedee de acoperire cu straturi subțiri.

Lucrînd la o putere constantă a tunului de electroni (de 12,6 kW), ceea ce determină o rată de evaporare a titanului aproximativ constantă, probele au fost placate la tensiuni de polarizare a substratului cuprinse între 1 și 5 kV și debite de azot între 12 și 17 lN/h. Condițiile de lucru sînt prezentate în tabelul 1.

Rezultatele experimentale și interpretarea lor

Microduritatea stratului. Un parametru de bază după care poate fi apreciată calitatea stratului de nitrură de titan îl constituie microduritatea sa. Un strat omogen și compact, cu un coeficient stoechiometric convenabil al compusului ce se formează între titan și azot, are o microduritate Vickers de peste 1500 HV.

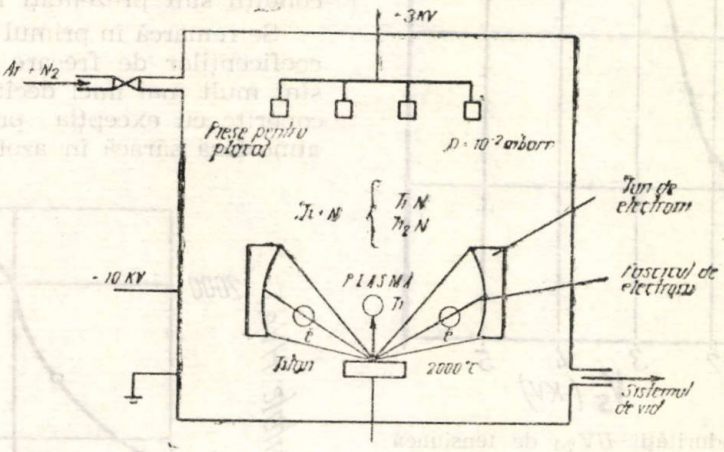


Fig. 1 Schema incintei tehnologice a instalației de placare ionică.

Tabelul 1

Nr. probei	Debit azot [lN/h]	Rata de evaporare a titanului [g/min]	Tensiune pe substrat [kV]
1	14,5	0,42	1
2	14,5	0,39	2
3	14,5	0,41	3
4	14,5	0,41	4
5	14,5	0,39	5
6	12	0,34	4
7	13,5	0,32	4
8	15,5	0,4	4
9	17	0,31	4

Dependența microdurității $HV_{0,1}$ a stratului de nitrură de titan în funcție de tensiunea aplicată pe substrat (V_s) și de debitul de azot (D_{N2}) poate fi examinată în figurile 2, respectiv 3.

Din figura 2 se observă că pentru tensiuni mici de polarizare (1—2 kV), microduritatea stratului este relativ scăzută (800—1200 HV), o creștere importantă a valorilor microdurității

(la peste 2200 HV) avînd loc la o tensiune de circa 3 kV, după care, în domeniul 3—5 kV, microduritatea rămîne practic constantă. Această dependență se explică prin aceea că odată

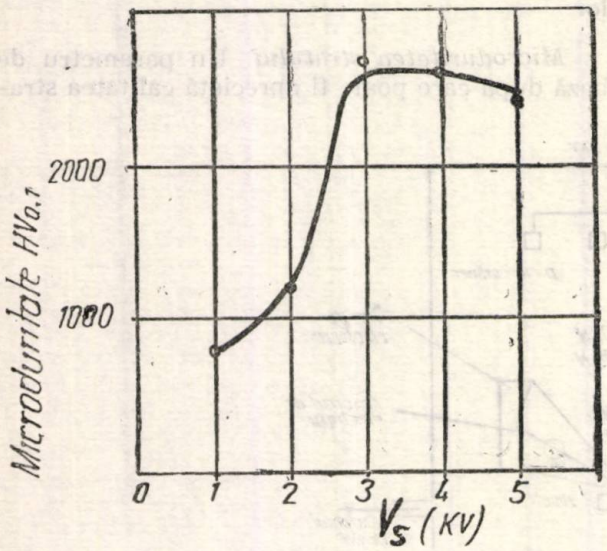


Fig. 2 Dependența microdurității $HV_{0,1}$ de tensiunea de polarizare a substratului V_s (D_{N2} = 14,5 lN/h).

cu creșterea tensiunii pe substrat se produce o intensificare a bombardamentului ionic al substratului, ducînd la o mărire atît a densității de curent, cît și a energiei ionilor ce ajung pe substrat (ceea ce determină gradul său de încălzire). După cum arată datele din literatură, calitățile stratului (microduritate, morfologie, compactitate) se îmbunătățesc cu creșterea curentului și a temperaturii pe substrat, existînd anumite valori minime ale acestor parametri pentru care se obțin straturi de calitate superioară.

În ceea ce privește dependența de debitul de azot, se remarcă (fig. 3) existența unui domeniu optim de valori ale acestui parametru, care determină obținerea unor straturi cu microdurități de peste 2000 HV. Excesul uneia dintre componente (azot sau titan) duce la o scădere sensibilă a valorilor microdurității.

Coeficienții de frecare. Măsurarea coeficienților de frecare s-a făcut pe o instalație Timken IMA. Pastilele plane au fost placate în condițiile din tabelul 1, pentru comparație efectuîndu-se măsurări și pentru pastile neacoperite. Rola mobilă s-a executat din OLC-45 îmbunătățit. Sarcina aplicată pe pastilă a fost cuprinsă între 10 și 50 daN.

Coeficienții de frecare măsurați în diverse condiții sînt prezentați în tabelul 2.

Se remarcă în primul rînd faptul că valorile coeficenților de frecare ai pastilelor placate sînt mult mai mici decît cei ai pastilelor neacoperite cu excepția probei 6, pentru care atmosfera săracă în azot determină formarea

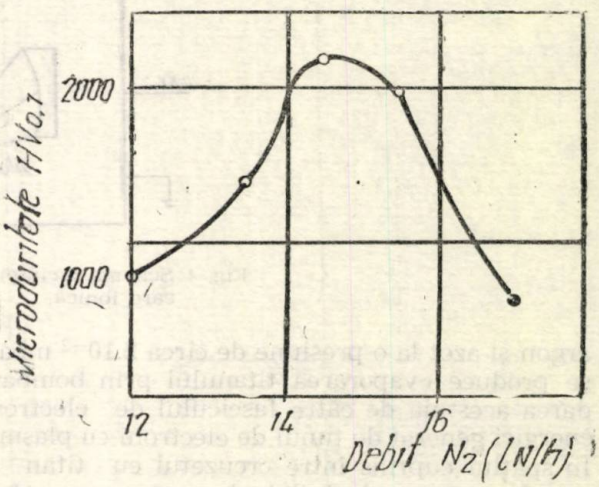


Fig. 3 Dependența microdurității $HV_{1,0}$ de debitul de azot (V_s = 4 kW).

unui compus avînd un coeficient de frecare ridicat, comparabil cu cel al oțelului. De asemenea cu toată relativa împrăștiere a rezultatelor, nu se observă variații importante ale coeficientului de frecare cu modificarea tensiunii de polarizare sau a debitului de azot.

Valoarea scăzută a coeficentului de frecare al nitrurii de titan, comparativ cu cel al oțelului, poate fi observată și din figura 4, unde este reprezentată variația sa cu sarcina apli-

Coeficienții de frecare pentru nitrura de titan și oțelul OLC-45

Tabelul 2

Sarcina pe pastilă [daN]	Nr. probei placate în condițiile din tabelul 1									Pastilă OLC-45
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
10	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,140	0,110	0,080	0,080	0,140
20	0,100	0,100	0,100	0,115	0,100	0,165	0,115	0,130	0,115	0,165
30	0,100	0,100	0,100	0,120	0,120	0,180	0,120	0,130	0,120	0,180
40	0,097	0,097	0,097	0,112	0,127	0,142	0,127	0,120	0,127	0,182
50	0,102	0,096	0,096	0,108	0,126	0,138	0,120	0,114	0,114	0,182

cată, în cazul unei pastile de OLC-45 și al unei pastile placate, considerată ca reprezentativă (proba 4).

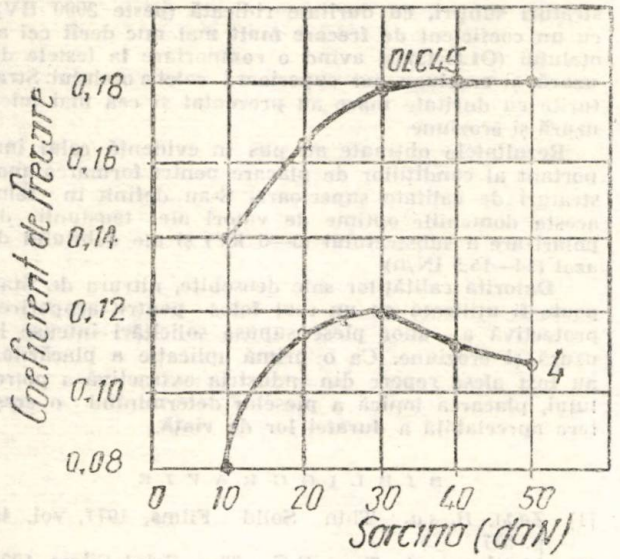


Fig. 4 Dependența coeficientului de frecare de sarcina aplicată.

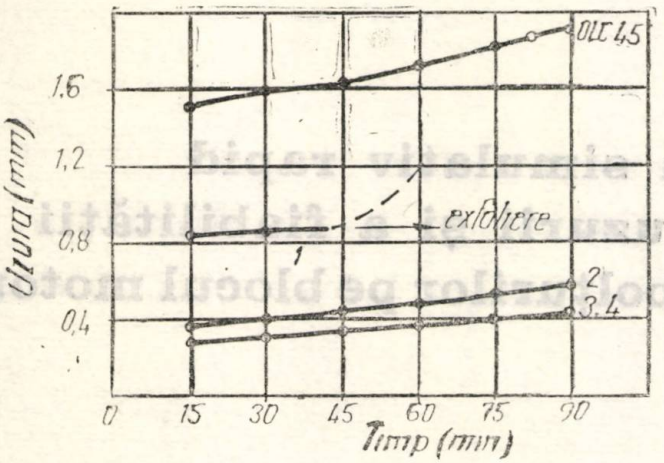


Fig. 5 Dependența uzurii de timpul de încercare (parametru-tensiunea pe substrat).

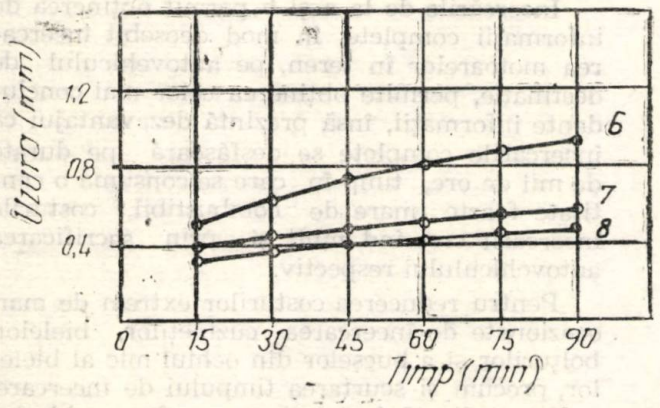


Fig. 6 Dependența uzurii de timpul de încercare (parametru — debitul de azot).

Uzura stratului de nitrură de titan. Măsurările de uzură a stratului de nitrură de titan, efectuate cu ajutorul instalației Timken IMA, au constat în determinarea lățimii fîșiei de contact rolă-pastilă după o anumită durată de încercare. Condițiile experimentale au fost următoarele : mediu — țiței brut + 25% apă + 3% nisip ; $v = 0{,}14$ m/s ; $N = 20$ daN.

Rezultatele obținute pe pastile placate în condițiile din tabelul 1 sînt prezentate în figurile 5 și 6, pentru comparație utilizîndu-se oțelul OLC-45 îmbunătățit.

Din examinarea figurilor, în care curbele — numerotate conform condițiilor din tabelul 1 — corespund probelor placate la diverse tensiuni de polarizare a substratului (fig. 5) și debite de azot diferite (fig. 6), rezultă că uzura scade cu creșterea tensiunii și cu mărirea debitului de azot în domeniul 12—15,5 lN/h.

Reprezentînd dependența uzurii de microduritatea stratului (fig. 7), se constată o scădere a uzurii cu creșterea microdurității. În domeniul 1200—2600 HV nu apar variații

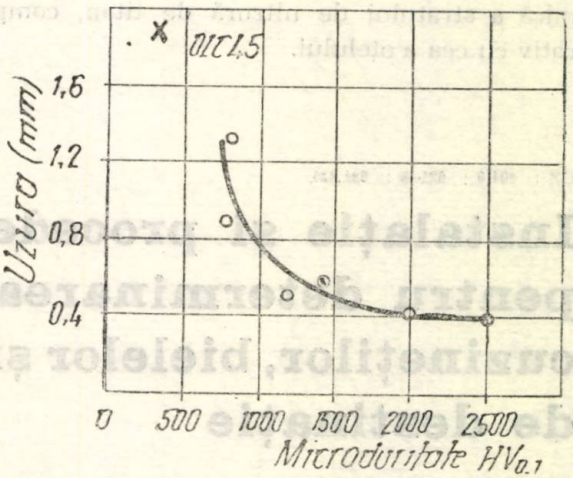


Fig. 7 Dependența uzurii de microduritate.

importante ale uzurii, o creștere mai puternică a acesteia manifestîndu-se pentru microduriități sub 1000 HV. Indiferent însă de condiții, uzura stratului de nitrură de titan este net inferioară celei obținute în cazul oțelului OLC-45.

Uzura erozivă. Cercetările privind comportarea la uzură erozivă s-au făcut pe o instalație cu rotor, pastilele deplasîndu-se în mediul de încercare (același ca și pentru celelalte măsurări), cu o viteză de 7,85 m/s, sub un unghi de 75°. Uzura erozivă a pastilei a fost apreciată prin scăderea greutății pastilei după încercare.

Variația uzurii cu timpul de încercare poate fi examinată în figura 8. Deși există o anumită împrăștiere a rezultatelor, se constată (probele 6 și 8 placate la o tensiune mică pe

substrat, respectiv în condițiile unui exces de azot). Ca și în cazul măsurărilor de uzură, se observă de asemenea o uzură erozivă mult mai

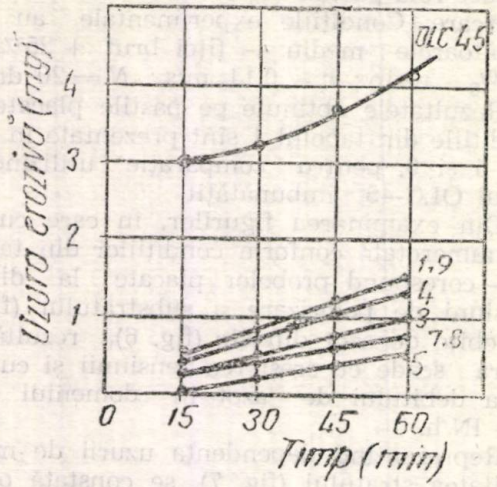


Fig. 8 Dependența uzurii erozive de timpul de încercare.

mică a stratului de nitrură de titan, comparativ cu cea a oțelului.

Concluzii

Cercetările efectuate au arătat că, prin placarea ionică ca nitrură de titan în instalația de placare cu tun de electroni cu plasmă, se pot depune pe oțeluri straturi subțiri, cu duritate ridicată (peste 2000 HV), cu un coeficient de frecare mult mai mic decît cel al oțelului (OLC-45) și avînd o comportare la testele de uzură și eroziune net superioară celei a oțelului. Straturile cu duritate mare au prezentat și cea mai mică uzură și eroziune.

Rezultatele obținute au pus în evidență rolul important al condițiilor de placare pentru formarea unor straturi de calitate superioară. S-au definit în felul acesta domeniile optime de valori ale tensiunii de polarizare a substratului (3—5 kV) și ale debitului de azot (14—15,5 lN/h).

Datorită calităților sale deosebite, nitrura de titan poate fi utilizată cu un real folos pentru acoperirea protectivă a unor piese supuse solicitări intense la uzură și eroziune. Ca o primă aplicație a placărilor, au fost alese repere din industria extractivă a petrolului, placarea ionică a pieselor determinînd o creștere apreciabilă a duratei lor de viață.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Zega, B. ș.a.*: Thin Solid Films, 1977, vol. 45, p. 577.

[2] *Matthews, A., Teer, D.G.*: Thin Solid Films, 1980, vol. 72, p. 541.

[3] *Popovici, C. ș.a.*: Rev. Roum. Phys., 1984, vol. 29, p. 459.

CZ : 004.6 : 621—2 : 621.431

Instalație și procedeu simulativ rapid pentru determinarea uzurii și a fiabilității cuzineților, bielelor și bolțurilor pe blocul motor de destinație

Dr. ing. G. CEPTUREANU — C.C.S.I.T.R.O.A. Brașov

Introducere

Este cunoscut faptul că orice întreprindere producătoare de motoare cu ardere internă supune motoarele respective la încercări, pentru a obține informații asupra parametrilor funcționali, a fiabilității și, în mod deosebit, a comportamentului la uzură al organelor în mișcare și respectiv al pieselor conjugate acestora. Pentru aceasta, se practică următoarele tipuri de încercări :

a — încercarea în laborator (pe standuri specializate) a motorului, respectiv a organelor montate pe motorul de destinație, alimentat cu combustibil corespunzător și pus în sarcină cu o frînă incorporată sistemului ;

b — încercarea în teren a motorului montat pe autovehiculul respectiv ;

c — încercarea în laborator a organelor motorului, montate individual pe standuri specializate.

Încercările de la **a** și **b** permit obținerea de informații complete; în mod deosebit încercarea motoarelor în teren, pe autovehiculul de destinație, permite obținerea celor mai concludente informații, însă prezintă dezavantajul că încercările complete se desfășoară pe durate de mii de ore, timp în care se consumă o cantitate foarte mare de combustibil, costurile încercării crescînd mult și prin sacrificarea autovehiculului respectiv.

Pentru reducerea costurilor extrem de mari ocazionate de încercarea cuzineților, bielelor, bolțurilor și a bucșelor din ochiul mic al bielelor, precum și scurtarea timpului de încercare, a fost realizată instalația care face obiectul lucrării prezentate.

Descrierea instalației

Instalația este realizată și se utilizează curent în laboratorul pentru cercearea lagărelor cu alunecare al C.C.S.I.T.R.O.A. – Brașov. Conform figurii 1 această instalație se compune din batiu **15**, bloc motor **7**, arbore cotit special **9**,

Descrierea procedeului

Procedeul utilizat în instalația descrisă, pentru încercarea cuzineților și a ambielajului motoarelor, la uzură și fiabilitate, se bazează pe faptul că arborele cotit **9** avînd manetoanele cu raze de rotație foarte reduse, este an-

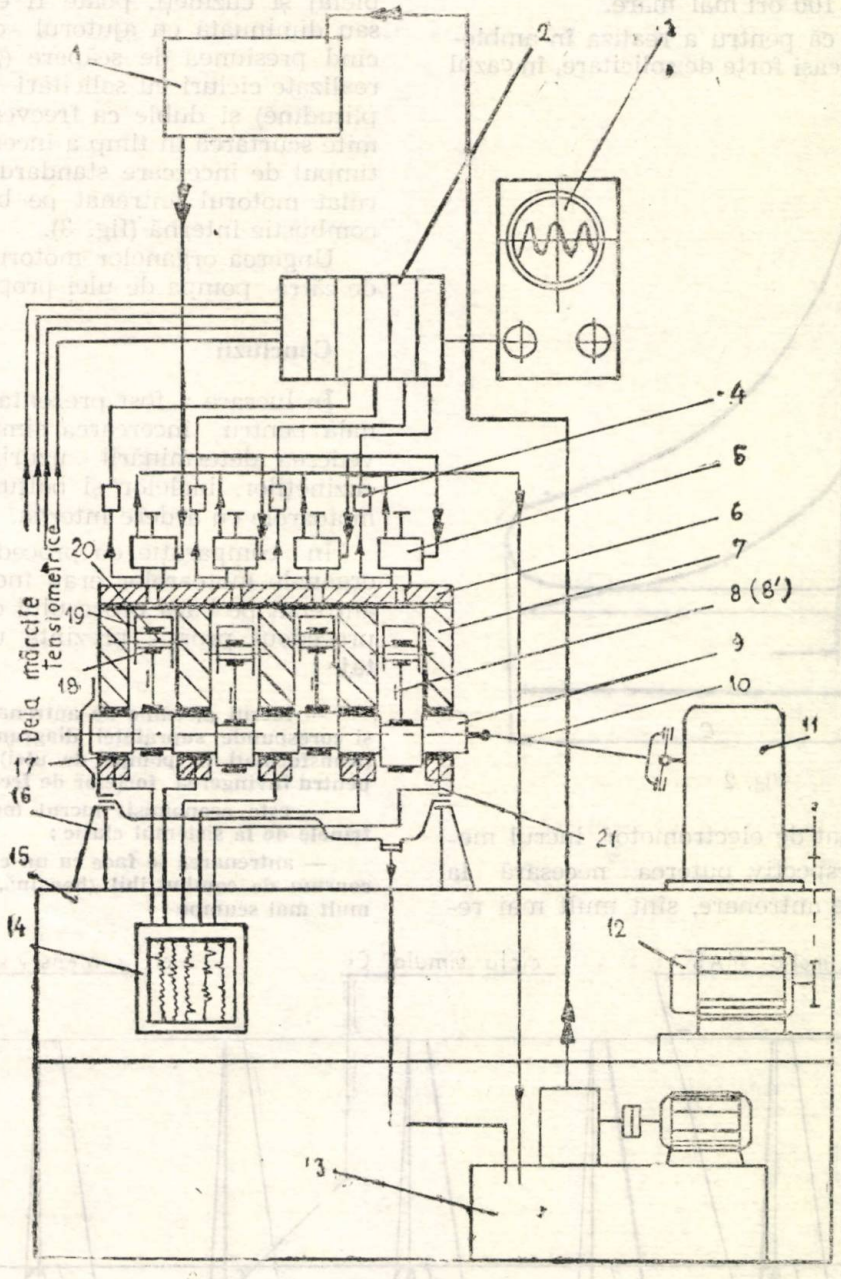


Fig. 1

semicuzineți **17**, biele **8**, bolțuri **20**, bucșă bolț piston **18**, pistoane **19**, placă specială **6**, drosele **5**, traductori de presiune **4**, traductori de forță **8'**, punte tensiometrică **2**, osciloscop **3**, traductori de temperatură **21**, înregistrator de temperatură **14**, traductor **11**, grup hidraulic **13**, electromotor de antrenare **12**.

trenat din exterior cu ajutorul unui electromotor **12**, iar punerea în sarcină a organelor respective este realizată cu un sistem hidraulic specializat **5**. Astfel, motorul este transformat într-o pompă de ulei cu compresiune izotermă.

Energia consumată pentru antrenarea organelor motorului, respectiv pentru realizarea

forțelor ce le solicită, este mult mai mică decît energia consumată de același motor ce ar dezvolta putere prin procesul de ardere internă, datorită faptului că în cazul motorului antrenat de electromotor, cursa pistoanelor este extrem de mică (de ordinul 1—1,5 mm), iar în cazul motorului cu ardere internă cursa pistoanelor este de cel puțin 100 ori mai mare.

Rezultă, deci, că pentru a realiza în ambielaj și cuzineți aceleași forțe de solicitare, în cazul

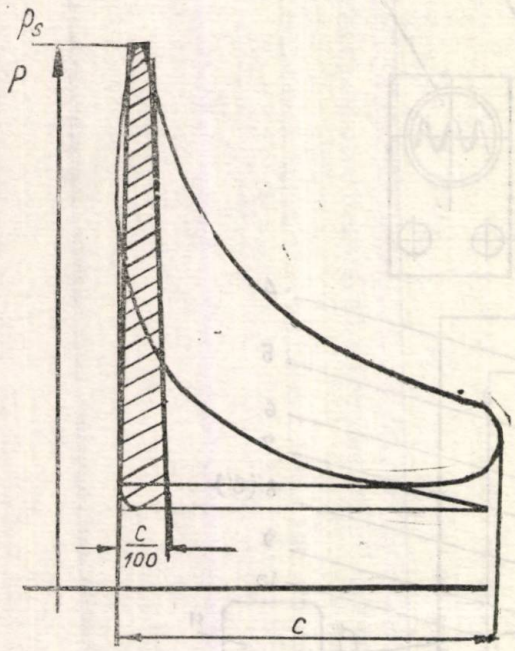


Fig. 2

motorului antrenat de electromotor, lucrul mecanic necesar, respectiv puterea necesară la electromotorul de antrenare, sînt mult mai reduse (fig. 2). Acest lucru s-a putut obține prin aceea că s-au impus excentricități foarte mici pentru manetoanele arborelui cotit și astfel suprafața diagramei *pv* a motorului lucrînd ca un compresor este foarte redusă.

În plus, în sistemul propus, valoarea presiunii *p*, respectiv mărimea forțelor din ambielaj și cuzineți, poate fi egală, amplificată sau diminuată cu ajutorul droselului, modificînd presiunea de scăpare (p_s). Astfel, pot fi realizate cicluri cu solicitări intensive (ca amplitudine) și duble ca frecvență, ceea ce permite scurtarea în timp a încercării, în raport de timpul de încercare standard în care ar trebui rulat motorul antrenat pe baza procesului de combustie internă (fig. 3).

Ungerea organelor motorului este asigurată de către pompa de ulei proprie a motorului.

Concluzii

În lucrare a fost prezentată instalația originală pentru încercarea simulativă rapidă în vederea determinării uzurii și a fiabilității cuzineților, bielelor și bolțurilor montate pe motoarele cu ardere internă.

În comparație cu procedeul clasic, în care organele motoarelor erau încercate pe motorul antrenat pe baza procesului de ardere internă, procedeul propus prezintă următoarele **avantaje :**

— lucrul mecanic de antrenare este mult mai mic și corespunde suprafeței diagramei *pv* a cilindrilor (transformați în pompă de ulei) plus lucrul mecanic pentru învingerea forțelor de frecare ;

— este economisit lucrul mecanic consumat în frînele de la sistemul clasic ;

— antrenarea se face cu un electromotor, deci fără consum de combustibil (benzină, motorină) care sînt mult mai scumpe ;

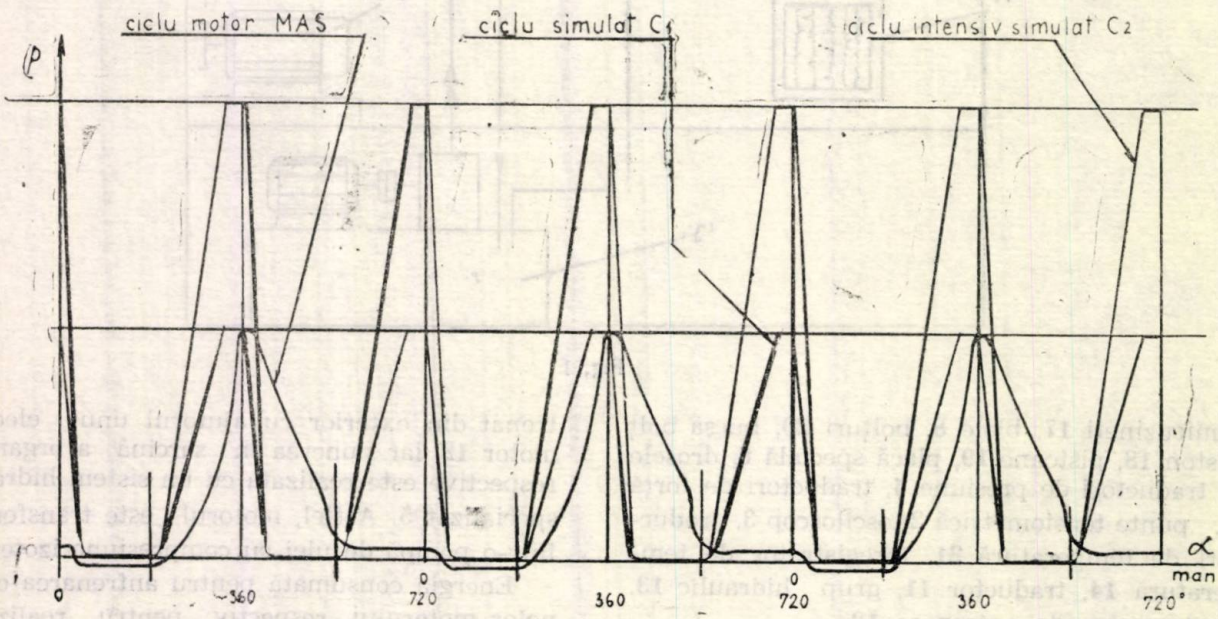


Fig. 3

— permite majorarea sarcinii, peste sarcina nominală efectivă din motorul lucrînd cu ardere internă ;

— frecvența de acțiune a sarcinii este dublă, fapt care scurtează timpul de încercare ;

— dispozitivele pentru punerea în sarcină sînt simple ;

— permite încercarea cuzineților respectivi respectîndu-se geometria de așezare și distanțele originale dintre lagăre ;

— prezintă un sistem simplu și sigur pentru etalonarea, controlul și măsurarea sarcinii din ambielaj, respectiv din cuzineți ;

— elimină instalațiile de alimentare cu combustibil, de frînare și de răcire.

[1] x x x : Brevet invenție nr. 82868/31. VII. 82.

CZ : 621–772 : 629.113—2

Calculul necesarului de piese de schimb pe baza indicațiilor de durabilitate ai automobilelor

Ș. l. D. **MARINCAȘ**, as. ing. G. **IOSIF** — Institutul Politehnic București
Ing. C. **LUCHIAN** — I.T.S.A.I.A. Brăila
Ing. L. **BIRĂU** — I.C.S.I.T.A. Brașov, fil. Inst. Pol. Buc.

Introducere

Determinarea cît mai riguroasă a necesarului de piese de schimb, pentru efectuarea reparațiilor curente ale automobilelor este impusă de cerințele reducerii stocurilor de piese auto, a imobilizărilor mijloacelor de transport și a cheltuielilor specifice ale întreprinderii deținătoare de parc auto. Pe baza datelor oferite de o serie de lucrări [1, 3, 4], precum și a observațiilor noastre, durata de imobilizare a automobilului în reparații (din lipsa pieselor de schimb) depășește, de regulă, timpul normat pentru înlocuirea acestor piese la RC.

Lucrarea de față își propune să prezinte o metodă de calcul și o nomogramă pentru determinarea necesarului de piese de schimb, pornind de la funcția de restabilire pentru două tipuri caracteristice de căderi (defectări) ; progresive (produse ca rezultat al uzurii pieselor) și bruște (instantanee — produse de cele mai multe ori datorită depășirii condițiilor de rezistență ale pieselor, defectelor de material, erorilor de proiectare și fabricare).

Modelul matematic de calcul al necesarului de piese de schimb auto

În cazul căderilor progresive (de uzare). Pentru determinarea numărului de înlocuiri sau de piese de schimb se pornește [1, 3, 5] de la funcția de restabilire $H_{(t)}$ sau $H_{(L)}$, care reprezintă numărul de defecțiuni ce apar pînă la momentul t sau parcursul L, efectuat de autovehicul.

Expresia de calcul al funcției de restabilire are forma :

$$H(t) = \sum_{i=1}^{\infty} F_i(t) = \sum_{i=1}^{\infty} F_i(L) \qquad (1)$$

unde F_i (t) sau F_i (L) sînt funcțiile de distribuție a resurselor (duratelor) de funcționare ale pieselor înlocuibile la defectare.

Din relația (1) rezultă necesitatea cunoașterii legilor și funcțiilor de distribuție a pieselor, ceea ce implică un volum mare de lucrări de cercetare experimentală.

Acceptînd legea liniară de variație a uzurii pieselor, se exprimă intensitatea de uzare i_u sub forma :

$$i_u = (u_{lim} - u_0)/L_0 \quad [\mu m/10^3 km] \qquad (2)$$

în care :

u_{lim} și u_0 sînt uzurile absolute în [μm] ;

L_0 — durata de lucru a piesei la defectare, în [10^3 km].

Densitatea intensității de uzare se poate exprima [1] sub forma unui polinom :

$$f(i_u) = a_0 + a_1 i_u + a_2 i_u^2 + \ldots + a_n i_u^n, \qquad (3)$$

unde a_0, $a_1 \ldots a_n$ sînt coeficienții polinomului de grad n.

Durata medie de funcționare (durabilitatea medie L_m) a piesei se poate calcula [1] cu relația :

$$L_m = \int_0^{\infty} L f(L) dL, \qquad (4)$$

în care densitatea repartiției durabilității piesei are expresia :

$$f(L) = \sum_{i=0}^{n} [a_n(u_{lim} - u_0)^{n+1}]/L^{n+2} \qquad (5)$$

Acceptînd legea de reparație trunchiată și exprimînd coeficientul de trunchiere din condiția de normare se obține expresia durabilității medii :

$$L_m = [P_s(i_u)\,(u_{lim} - u_0)]/P_f(i_u) \qquad (6)$$

și abaterea medie pătratică a durabilității medii :

$$\sigma(L_m) = \{(u_{lim} - u_0)\,[P_f(i_u)\cdot P_0(i_u) - P_s^2(i_u)]^{0,5}\}/P_f(i_u) \qquad (7)$$

în care :

$$P_0(i_u) = a_0(1/i_{u_1} - 1/i_{a_2}) + a_1 \ln(i_{u_2}/i_{u_1}) + \sum_{2}^{n} a_n(i_{u_2}^{n-1} - i_{u_1}^{n-1})/(n-1);$$

$$P_s(i_u) = a_0 \ln(i_{u_2}/i_{u_1}) + \sum_{1}^{n} a_1(i_{u_2}^{n} - i_{u_1}^{n})/n;$$

$$P_f(i_u) = \sum_{0}^{n} a_n(i_{u_2}^{u+1} - i_{u_1}^{n+1})/(n+1),$$

iar i_{u1} și i_{u2} sînt intensitățile limită de uzare corespunzătoare parcursurilor L_1 (minim) și L_2 (maxim).

Necesarul minim de piese de schimb se determină [1, 3] cu valorile de calcul ale lui L_m și $\sigma(L_m)$ cu formula din teoria fiabilității :

$$m(L) = (L_a/L_m) + \varkappa_\alpha [\alpha(L_m)\cdot L_a^{0,5}/(L_m^3)^{0,5}] \qquad (8)$$

sau, înlocuind relațiile de mai sus :

$$m(L) = \frac{P_f(i_u)\cdot L_a}{P_s(i_u)\cdot(u_{lim} - u_0)} \cdot \left\{1 + \frac{\varkappa_\alpha(u_{lim} - u_0)}{La^{0,5}}\left[\frac{P_0(i_u)}{P_s(i_u)} - \frac{P_t(i_u)}{P_f(i_u)}\right]\right\} \qquad (9)$$

Aici $\varkappa_\alpha$ este cuantila repartiției normale care se alege din tabel în funcție de nivelul de încredere cerut.

Se poate utiliza metoda Cebîșev [1] pentru determinarea coeficientilor a_1, a_2, ... a , din ecuația (3 ; se vor folosi datele experimentale asupra intensităților de uzare ale pieselor auto și metoda celor mai mici pătrate, astfel încît eroarea de aproximare a coeficienților polinomului să înceteze a se micșora vizibil. Considerînd polinomul de ordinul patru eroarea,

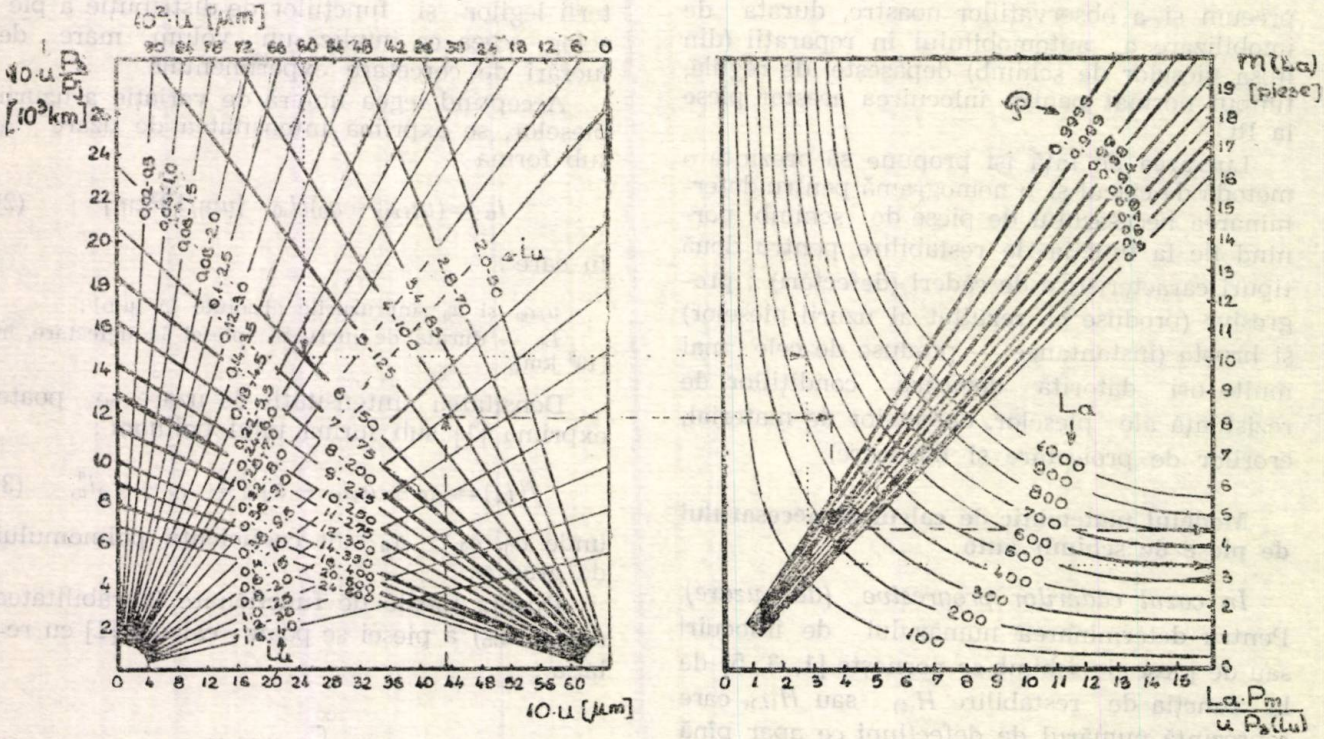


Fig. 1 Nomogramă de calcul al necesarului de piese de schimb, în cazul căderilor progresive (de uzare).

în cazul calculului necesarului pieselor de schimb, față de datele reale din exploatare, nu a depășit 12 %.

Pentru operativitatea determinărilor s-a construit [1, 3] o nomogramă, pe baza metodei prezentate, alcătuită din două părți distincte (fig. 1) : pe abscisele părții din stînga a nomogramei sînt reprezentate valori ale uzurii absolute „ μ " de la 0 la 650 μm (abscisa de jos) și de la 0 la 9700 μm (sus), avînd originile în concordanță cu sensul fasciculelor intensităților de uzare i_u marcate.

În nomograma din dreapta sînt reprezentate, în abscisă, speranța matematică a consumului de piese de schimb, iar în ordonată — necesarul de piese de schimb m (L_a) pentru parcursul de amortizare L_a [10^3 km] al automobilului.

Norma anuală de piese de schimb pentru 100 de automobile va ține cont de numărul de piese de același fel pe automobil și de durata de lucru pînă la amortizarea automobilului T_a, în ani :

$$n_{aps} = 100 \cdot n_{pt} \cdot m(L)/T_a \qquad (10)$$

Mărimea m (L) se obține din nomogramă.

În cazul căderilor instantanee (bruște). Considerînd ipoteza în care fluxul de restabilire este ordinar, fără efecte posterioare, și acceptînd legea exponențială de distribuție a durabilităților pieselor ce se înlocuiesc la defectare cu altele noi, se poate exprima intensitatea fluxului de restabilire sub forma [1, 3]:

$$\lambda_H = f(L)/\int_0^\infty f(L)dL$$

în care f (L) este densitatea funcției de restabilire.

Probabilitatea evenimentului în care pe parcursul $L + \Delta L$ se efectuează m înlocuiri de piese de schimb de un anumit fel [1, 3] are expresia :

$$P_m = \sum_0^m [(mL)^m \cdot e^{-\lambda_H \cdot L} m!] \qquad (12)$$

În mod practic, pentru determinarea cantității necesare de piese de schimb pe parcursul L, trebuie să se afle sau să se impună valoarea probabilității evenimentelor de înlocuire și să se determine din (12) numărul de piese de schimb

$$m = F(\lambda_H,\ L,\ P_m) \qquad (13)$$

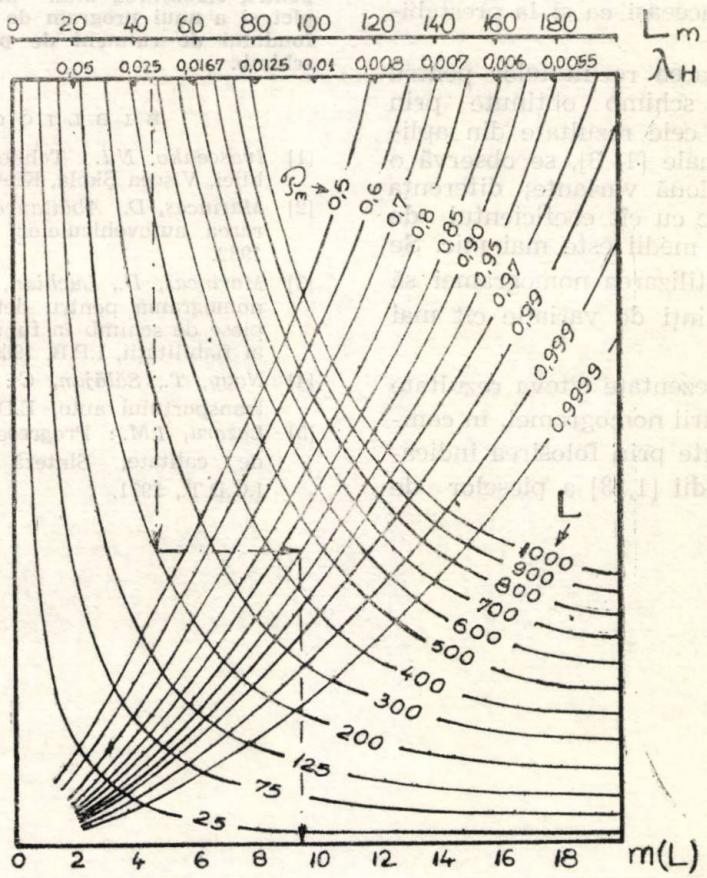


Fig. 2 Nomogramă pentru determinarea necesarului de piese de schimb, în cazul căderilor instantanee (bruște).

Calculul necesarului de piese de schimb în cazul celor două variante [1, 3] *Tabelul 1*

Denumirea piesei (reperului)	Consumul normat de piese de schimb [buc.] pe baza nomogramei	pe baza indicatorilor resurselor medii	Eroarea relativă
1. Carcasa transmisiei centrale	7,3	6,8	7,4
2. Bulonul central arc spate	9,6	7,9	6,2
3. Foaia principală a arcului suplimentar	7,0	6,4	8,1
4. Duza de injectare	6,7	6,3	6,0
5. Garnitura camerei de frînare față	9,2	8,7	5,9
6. Garnitura carcasei prizei de putere	8,5	8,2	3,5

În scopul măririi operativității de utilizare a metodei prezentate, s-a construit [1, 3] nomograma din figura 2, impunîndu-se următoarele limite de variație : $\lambda_H \in (0 \ldots 0{,}005)$ înlocuiri/10^3 km ; $L \in [25 \ldots 1000] \cdot 10^3$ km și $P_m \in [0{,}5 \ldots 0{,}9999]$.

Dacă se cunoaște durabilitatea medie a piesei, L_m, se poate determina din aceeași nomogramă necesarul de piese de schimb în raport cu L_m, coborînd o verticală de pe scala L_m pînă la intersecția cu parcursul L ; apoi se trasează orizontala pînă la nivelul de încredere necesar P_m și verticala pentru determinarea lui m (L). Ordinea de determinare grafică a lui m (L) este aceeași ca și la prestabilirea valorii λ_H.

Apelînd la compararea rezultatelor pentru necesarul de piese de schimb obținute prin metoda prezentată și cele rezultate din aplicarea distribuției normale [1, 3], se observă o diferență între cele două variante; diferența este cu atît mai mare cu cît coeficientul de variație al durabiltății medii este mai mic. Se recomandă, deci, ca utilizarea nomogramei să se facă pentru coeficeinți de variație cît mai mari ($c_v > 0{,}5$).

În tabelul 1 sînt prezentate cîteva rezultate obținute pe baza utliizării nomogramei, în comparație cu cele obținute prin folosirea indicatorilor durabilității medii [1, 3] a pieselor de autocamion avînd parcursul de amortizare $L_a = 3 \cdot 10^6$ Km.

Concluzii

Din cele prezentate rezultă că necesarul de piese de schimb determinat pe baza nomogramelor este cu circa 3,5 ÷ 8,1 % mai mare decît cel determinat pe baza indicatorilor resurselor medii (normativul actual).

În condiții reale de exploatare, resursele pieselor ce prezintă căderi instantanee se caracterizează prin coeficienți de variație $c_v > 0{,}5$, adică $c_v \in$ [0,5 m coeficienți de variație c $\geqslant 0{,}5$, adică c [0,5 m 0,99], ceea ce permite micșorarea erorilor și creșterea nivelului de încredere al rezultatelor peste 95 %.

Metoda prezentată contsituie o bază de plecare pentru elaborarea unui model matematic mai complet și a unui program de calcul pentru optimizarea fondului de rulment de piese și agregate auto de schimb.

BIBLIOGRAFIE

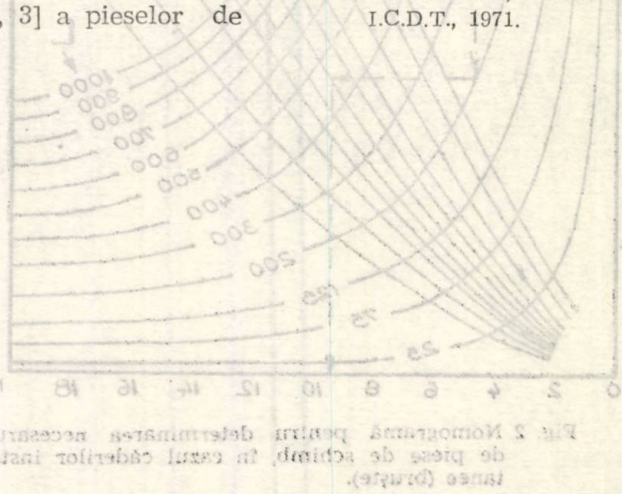
[1] *Ivașcenko, N.I.* : Tehnologhiia remonta avtomobilei, Vișcea Școla, Kiev, 1977.

[2] *Marincaș, D., Abăitancei, D.* : Fabricarea și repararea autovehiculelor rutiere, E.D.P., București, 1982.

[3] *Marincaș, D., Luchian, C.* : Metodă de calcul și nomogramă pentru determinarea necesarului de piese de schimb în funcție de parametrii statistici ai fiabilității, I.P.B. 1985.

[4] *Nagy, T., Sălăjan, C* : Exploatarea și tehnica transportului auto, E.D.P., București, 1982.

[5] *Lazaru, I.M.* : Progrese în domeniul controlului de calitate, Sinteză documentară, C.N.Ș.T., I.C.D.T., 1971.



CZ : 621.762

Durificarea pistoanelor plunger prin încărcare în jet de plasmă cu pulberi ceramice românești

Ing. Radu **NEGRIU** — I.C.P.U.P.S. București
Ș.l. dr. ing. Ioan **TUDOR** — Institutul de Petrol și Gaze Ploiești

Condiții funcționale

Pistoanele plunger ale pompelor de medie și înaltă presiune lucrează în condiții de frecare de alunecare cu presgarnitura cutiei de etanșare. Elementul elastic ce asigură etanșarea este executat din șnur de azbest teflonat sau grafitat. Viteza maximă de alunecare ajunge la 0,5 ... 2 m/s, iar presiunea de lucru este de 200 ... 350 bar.

Mediul de lucru adesea conține o cantitate importantă de particule abrazive cu dimensiuni care depășesc 0,2 ... 0,5 mm.

Durabilitatea slabă a pistoanelor clasice se datorește rezistenței reduse la uzură abrazivă a zonei active de lucru.

Necesitatea creșterii durității pistonului

Particulele abrazive din fluidul vehiculat au durități de ordinul a 1600 ... 2900 $HV_{0,02}$ și prezintă muchii ascuțite ce acționează ca veritabile microscule așchietoare.

O cantitate de particule abrazive este reținută de șnurul etanșării. Acestea acționează asupra pistonului pînă la uzarea muchiilor. În timpul funcționării are loc permanent un proces de „împrospătare" a particulelor reținute de etanșare, cauzat în principal de mișcările repetate ale șnurului în casetă.

În același timp, în zona etanșării, se dezvoltă o mare cantitate de căldură ce afectează, direct, proprietățile materialelor pistonului și garniturii.

Cercetînd materialul îndepărtat de pe suprafața metalică uzată, se constată că 70—90% este format din microașchii. Restul îl formează particulele fine, rezultate prin procesul complex de deformare plastică, ecruisare, rupere și smulgere. Această repartiție este influențată de o serie de factori, dintre care cei mai importanți sînt următorii :

— raportul dintre duritatea superficială a pistonului și duritatea abrazivului : la durități echivalente, particula abrazivă se rotunjește și acțiunea sa distructivă se reduce ;

— geometria particulei abrazive : abrazivii cu muchii ascuțite au calități așchietoare superioare celor rotunjiți ;

— capacitatea de înglobare a abrazivului : fixarea acestuia în garnitura elastică a etanșării va detașa permanent material din piston.

Cînd raportul dintre durițățile Vickers ale materialului pistonului și cel al abrazivului este mai mare de 0,6, se constată o diminuare a procesului de uzare datorită rotunjirii muchiilor abrazivului.

Rezultă ca necesară creșterea durității superficiale a pistonului, în condițiile în care asupra naturii, granulației și formei abrazivului și capacității de înglobale a acestuia, nu se poate acționa decît limitat.

Căi de creștere a durității pistoanelor

Principalele procedee de durificare aplicate în prezent pistoanelor plunger sînt :

— călirea superficială, cu obținerea în suprafețe a martensitei, sau călirea izotermă cu obținerea unei structuri bainitice de mare duritate ;

— cementarea cu carbon, azot, titan, crom, bor etc. ;

— încărcarea cu aliaje dure din clasa stelitului ;

— depuneri electrochimice de crom dur, wolfram etc. ;

— placarea ionică cu nitruri de titan, carburi de bor etc.

În figura 1 se prezintă variația durității pe adîncimea stratului, pentru unele dintre aceste procedee de durificare. Se observă că o parte din acestea asigură o duritate superficială egală sau mai mare decît 0,6 din duritatea maximă probabilă a abravizilor prezentați în fluidul pompat.

Procedeele tehnologice prin care se realizează pe deplin această condiție sînt :

— asigurarea pistonului în zona de lucru cu o bucșă din bazalt sinterizat sau din ceramică extrudată ;

— încărcarea în jet de plasmă cu material ceramic sau metalo-ceramic.

Realizarea pistoanelor placate cu bucșe sinterizate

Bucșele s-au executat din bazalt selecționat în amestec cu un liant prin procedeul metalur-

giei pulberilor. După măcinare, sortare și amestecare, s-a executat presarea la rece în mediu ambiant la presiuni de 100 . . . 150 kN/mm². Piesa este supusă apoi presinterizării la 900°C timp de 3 . . 5 ore și unei prelucrări mecanice de degroșare. După un control mecanic și defectoscopic, s-a efectuat sinterizarea la 1160—1180°C timp de 3 ore. Bucșa sinterizată se prelucrează la cotele finale.

Bucșarea pistonului necesită respectarea strictă a următoarelor operații :

— decaparea cu teraclorură de carbon a zonei de amplasare a bucșei ;

— umectarea cu rășină epoxidică de tip Alorex ;

— montarea reperelor degresate și întărirea rășinii epoxidice conform instrucțiunilor date de furnizor.

În final se execută superfinisarea bucșei montate la o rugozitate de ordinul 0,2—0,4 μm.

Acoperirea pistoanelor cu materiale ceramice în jet de plasmă

Materialele de acoperire sînt pulberi fine avînd componente metalice și ceramice care înmănunchează proprietățile metalelor (ductilitate, rezistență la șoc termic, conductivitate) și ale ceramicelor (duritate, stabilitate structurală, rezistență la abraziune, eroziune, coroziune). Toate acestea asigură o creștere importantă a durabilității pistoanelor plunger în condiții de exploatare.

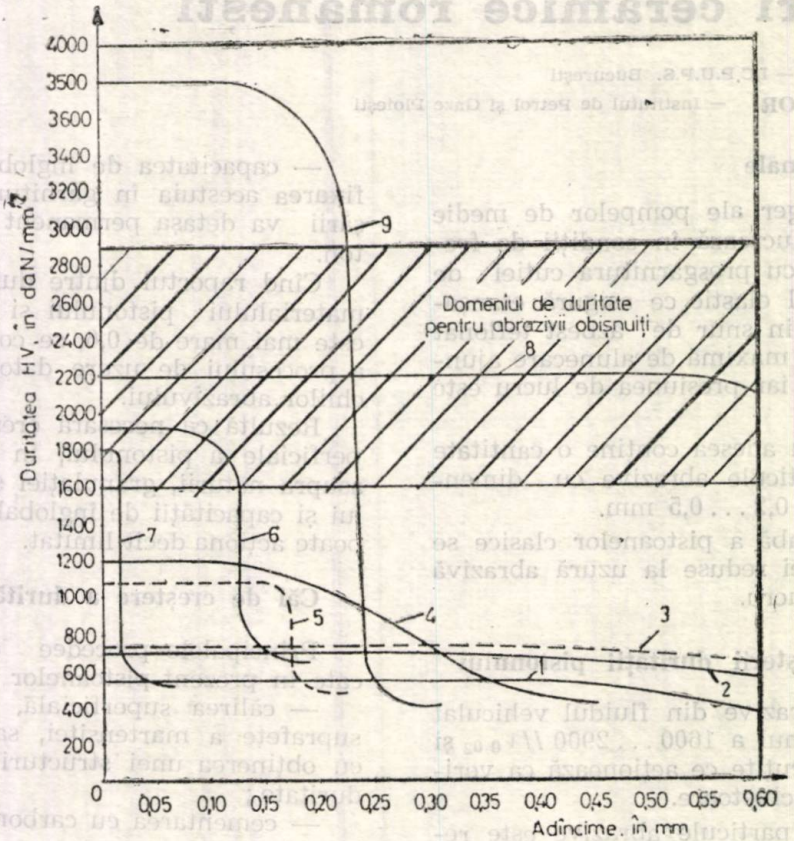


Fig. 1

1 — călire superficială ; 2 — carburare ; 3 — carbonitrurare ; 4 — nitruare ionică ; 5 — cromare dură ; 6 — borurare ; 7 — placare cu TiN ; 8 — bucșă din bazalt sinterizat ; 9 — strat ceramic.

Acoperirea realizată în jet de plasmă, față de alte procedee de acoperire, prezintă o serie de avantaje, dintre care cele mai importante sînt :

— încălzirea redusă a materialului suport, fără riscul de fisurare a stratului ;

— acoperirea oricăror tipuri de suprafețe ;

— stratul depus poate avea grosimi pînă la 0,3 . . . 0,5 mm (frecvent 0,15 . . . 0,25 mm);

— omogenitatea și aderența la materiale cu puncte ridicate de topire (2000—3000 °K), în principal pentru grosimi reduse de strat.

Pentru acoperire, s-au folosit două rețete de materiale ceramice cu componente din țară :

1. Al_2O_3 — SiO_2 — Na_2O — cu granulația de 20 μm ;

2. Al_2O_3 — TiO_2 — cu granulația de 20 μm.

Proprietățile mai importante ale straturilor din aceste pulberi sînt următoarele :

— temperatura de topire : 2370°K
— duritatea : 3,96 ... 3,98 g/cm^3
— duritatea medie : 9 — Mohs
— rezistența la compresiune : 21.100 daN/cm^2
— modulul de elasticitate longitudinal : 8,1 daN/cm^2
— căldura specifică medie : 0,26 cal/g °C.

Acoperirea pistoanelor plunger cu aceste pulberi s-a făcut pe o instalație METCO — Inc.

Pregătirea pistoanelor pentru acoperire constă în :

— degresarea cu tricloretilenă ;

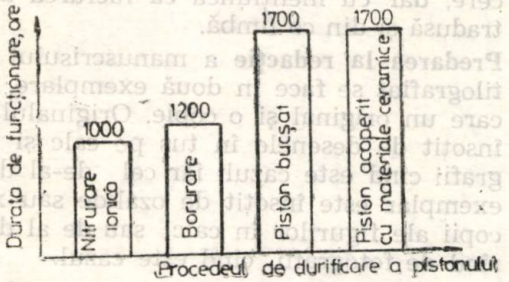


Fig. 2

— sablarea zonei de acoperire pentru îndepărtarea impurităților aderente și obținerea rugozității necesare ancorării particulelor ;

— vopsirea de protecție a suprafețelor din vecinătatea acoperirii.

Primul strat, cu o grosime de 0,05 ... 0,07 mm, numit strat de acroș, se depune din amestecuri de pulberi ceramice ce conțin nichel metalic.

Stratul de uzură, cu grosimea totală de 0,25 ... 0,30 mm, se depune prin treceri succesive, folosind pulberile prezentate mai sus.

În final este necesară ermetizarea porilor cu o rășină epoxidică de mare duritate depusă pe piesa caldă încă. Răcirea se face lent, în aer, piesa menținîndu-se în mișcare de rotație.

Stratul ceramic este rugos. Din acest motiv se impune o prelucrare de rectificare cu discuri de granulație fină.

Comportarea în exploatare

S-a urmărit durata de funcționare a pistoanelor plunger durificate superficial prin diferite procedee, în condiții similare de funcționare.

În graficul din figura 2 se prezintă duratele de funcționare înregistrate pe pompele cu pistoane plunger.

Pistoanele nitrurate ionic pe instalația I.F.T.A.R. au ieșit din funcționare după 1000 ore. Duritatea lor superficială a fost de 1100 ... 1300 $HV_{0,02}$. Uzura se manifestă în principal sub forma de zgîrieturi și rizuri adînci în zonele de capăt ale pistonului.

Pistoanele borurate, cu o duritate de 1700 ... 2100 $HV_{0,02}$ au funcționat bine 1200 ore. Stratul borurat a prezentat numeroase fisuri, care au diminuat durata de funcționare.

Pistoanele prevăzute cu bucșe sinterizate din bazalt selecționat și cele acoperite în jet de plasmă cu material ceramic s-au comportat similar, atingînd o durată medie de funcționare de 1700 ore. Duritatea medie a stratului, măsurată pe instalația Amsler, a fost de 3800 HV. Urmărite în exploatare pistoanele au prezentat, după o durată de 1400 ore, un început de exfoliere a stratului ceramic în zonele de capăt. Exfolierea se extinde treptat în lungul pistonului.

Concluzii

1 — pulberile românești pe bază de aluminiu și oxid de titan, ca și bazaltul sinterizat se comportă bine în condițiile de funcționare a pistoanelor plunger de la pompele de medie și înaltă presiune ;

2 — prețul de cost al acestor produse pregătite în țară este net inferior produselor similare importate;

3 — creșterea importantă a duratei de exploatare a pistoanelor prin bucșarea lor și prin acoperirea cu materiale ceramice, în jet de plasmă, reduce mult costul exploatării pompelor.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Contorovici, I.E.* : Tratamentul termic al oțelurilor și al fontei. Ed. Tehnică, București, 1960.

[2] *Marcu, V.* : Metalizarea prin pulverizare. Ed. Academiei, 1963.

[3] *Văiteanu, D.* : Combaterea coroziunii prin procedee de metalizare. OID—MAGF, 1980.

[4] *Shepard, A.P.* : Preparation of surfaces for flame spaying. Meteo Inc., S.U.A., 1973.

[5] *Perugini, G.* : „Plasma jet aspetti fondamentali della tehnica", nr. 100/1975.

[6] *Negriu, R.* : Procedeu de durificare a pieselor ce lucrează în medii apoase și acide. Brevet R.S.R. nr. 93336.

Condiții de prezentare a manuscriselor pentru revista „Construcția de mașini"

1. Textul unui articol împreună cu desenele să nu depășească 15 pag. convenționale, de 2000 semne.
2. **Dactilografierea** se execută la 2 rînduri în pag. de 2000 semne, pe hîrtie albă, pe o singură față a filei. Pagina va avea o margine albă de 3 cm lățime în stînga. Formulele se scriu foarte clar, cu semnele matematice și literele conform STAS, suficient de mari, cu tuș.
3. **Desenele** se execută în tuș pe calc, la dimensiunile între formatele A6 și A4. Dacă sînt figuri-foto, acestea nu trebuie să depășească formatul A4 și să fie foarte clare cu efectele de contrast foarte pronunțate.
4. **Toate figurile și tabelele** care însoțesc articolul trebuie menționate în text. Figurile trebuie să aibe titluri și legende și să fie însoțite de un borderou de figuri dactilografiat pe o pagină separată de textul articolului. Nu se va scrie pe nici o figură titlul și legenda ; legătura se face prin numărul lor conform borderoului separat într-un plic adecvat prezentate. În tipografie diferitele elemente ale materialului (text, borderou de figuri, bibliografii, tabele) se prelucrează în secții diferite, de aceea ele trebuie prezentate pe foi separate.
5. **Tabelele** trebuie dactilografiate pe foi separate de text (în text li se va indica doar locul ca și pentru figuri), deoarece au alt regim tipografic.
6. **Bibliografia** trebuie dactilografiată tot pe o pagină separată de text și prezentată conform STAS nr. 6158-60 și anume : **Cărți**: numele autorului, inițiala prenumelui autorului, titlul cărții (dacă este o lucrare străină se va da titlul în original, eventual traducerea în lb. română), numărul ediției în cifre arabe, numărul volumului în cifre romane, locul publicării, pagina la care se trimite sau prima și ultima pagină a fragmentului. **Periodice :** numele autorului, inițiala prenumelui autorului, titlul articolului (dacă este o lucrare străină se va da titlul în original, eventual cu traducerea în lb. română), titlul periodicului precedat de cuvîntul „In", numărul volumului sau anul de apariție (în cifre arabe) numărul de ordine al numărului de periodic, data numărului, pagina citată sau prima și ultima pagină a fragmentului citat sau a articolului întreg, după cum citează, doar o anumită pagină, fragment, sau un articol în întregime. Cînd lucrarea citată a fost tradusă în lb. română, titlul se scrie în traducere, dar cu mențiunea că lucrarea a fost tradusă și din ce limbă.
7. **Predarea la redacție** a manuscrisului dactilografiat se face în două exemplare, din care un original și o copie. Originalul este însoțit de desenele în tuș pe calc și fotografii cînd este cazul, iar cel de-al doilea exemplar este însoțit de ozalide sau xerocopii ale figurilor în calc sau de al doilea rînd de fotografii, cînd este cazul.
8. Autorul trebuie să **garanteze conținutul științific** al articolului, iar textul prezentat redacției să fie revizuit după dactilografiere, deoarece în timpul fazelor editoriale și tipografice nu îl mai revede, deci nu mai poate interveni în acest text după predarea manuscrisului.
9. Conform regulilor editoriale manuscrisele și figurile — publicate sau nu — nu se mai restituie autorului.
10. Materialele, prezentate conform regulilor de mai sus, se primesc la redacția revistei „Construcția de mașini", la următoarea adresă :

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

Redacția revistei „Construcția de mașini" Calea Victoriei 133, Sector 1, clădirea mică, parter, cod 71102 BUCUREȘTI, Oficiul poștal 22, Căsuța poștală 22—125.

11. Orice informație și referință se pot obține la telefoanele : 59.71.35 sau 50.31.30 (direct) și 50.40.90/253 sau 274, redactor șef ing. TEODOSIA OPRESCU, redactor: ȘERBAN TEODORESCU.
12. Materialul va fi însoțit — obligatoriu — de o adeverință semnată de conducerea instituției unde activează autorul, specificînd respectarea legilor în vigoare cu privire la păstrarea secretului.
13. Va fi însoțit și de **rezumatele lucrării** în lb. română, franceză, engleză, rusă și germană.

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ
pentru
INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

difuzează în anul 1988

materiale de informare despre realizări din țară și din străinătate privind preocupările actuale în domeniul construcțiilor de mașini, de ex.: programul energetic, valorificarea surselor proprii de materii prime, calitatea produselor, economisirea materiilor prime și reciclarea deșeurilor, productivitatea muncii etc.

Materialele sînt grupate în serii :

Simbolul	Denumirea seriei
	REALIZĂRI ALE CERCETĂRII ROMÂNEȘTI
RCM	Revista „Construcția de mașini"
ID	INFORMARE DOCUMENTARĂ asupra nivelului progresului tehnic pe plan mondial în industria construcțiilor de mașini
	Informări pentru cadre de conducere :
IDCM	Informare documentară în construcția de mașini
IDCM-C	Informare documentară în construcția de mașini — conjunctură
IDCM-E	Informare documentară în construcția de mașini-energie
IDCM-O	Informare documentară în construcția de mașini-organizare
IDCM-PM	Informare documentară pentru protecția muncii
	Informări pentru specialiști :
IDT	Informare documentară în turnătorii
IDTT	Informare documentară pentru tratamente termice
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări prin deformare plastică
IDS	Informare documentară pentru sudori
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări la rece
IDCC	Informare documentară pentru calitate și control
IDMK	Informare documentară pentru prognoză și marketing
IDAR	Informare documentară pentru automatizare, robotizare
IDRC	Informare documentară privind reducerea consumurilor de materiale și energie

Simbolul	Denumirea seriei
	SINTEZE DOCUMENTARE privind nivelul tehnic pe plan mondial în industria construcțiilor de mașini
SID	Noutăți în diverse domenii
	REALIZĂRI ALE UNITĂȚILOR MICM
CO, CTN, CMA, CA, PTN, SE, CSSM, RSM, CES, CTO, CT	Cataloage de fișe tehnice de produse, tehnologii și mecanizări, automatizări autoutilări, SDV-uri Realizări deosebite, omologări standarde etc. Realizări în sudare Echipamente de sudare Produse tipizate, descrieri de tehnologii
	DOCUMENTE NORMATIVE
BI	**Buletinul intern MICM**
NT	Normative tehnice
LPCM, R	Liste de prețuri în construcția de mașini, reduse
ITC	Indicatoare tarifare de calificare
NPM	Normative și ghid de protecția muncii în construcția de mașini
	MATERIALE DOCUMENTARE **în ajutorul proiectării și al producției**
	CERCETĂRI COMPLEXE DE INFORMARE ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ
CCIST-R și P	Cercetări retrospective și continui
SIDCM-A și B	Sistemul de informare documentară automatizat, pentru articole de revistă și brevete

Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Industria Construcțiilor de Mașini, înființat încă din anul 1965, are o bogată experiență în cercetare și proiectare tehnologică specifică pentru construcțiile de mașini. În cadrul Institutului se desfășoară trei tipuri de activități:

1. Cercetarea de procese tehnologice (metode de fabricație) noi în cadrul laboratoarelor special amenajate pentru experimentarea și optimizarea procedeelor, regimurilor sau rețetelor tehnologice precum și cercetarea în vederea asimilării în fabricația de serie a unor echipamente și produse noi în domeniile: prelucrări prin așchiere, ștanțare, ambutisare și prin tehnologii neconvenționale, manipulare automată montaj mecanizat și automatizat, acoperiri de protecție și decorative, control activ, interoperațional și final.

2. Elaborarea de tehnologii integrate și sisteme complexe de fabricație pentru prelucrarea unor piese sau grupe de piese sau produse, cu adoptarea celor mai eficiente procedee, inclusiv proiectarea mașinilor speciale, dispozitivelor și sculelor.

3. Execuția, în limita capacităților propriului său atelier, a echipamentelor tehnologice proiectate. Acordarea de asistență tehnică pentru punerea în funcțiune la parametrii proiectați a proiectelor elaborate.

ICTCM EFECTUEAZĂ: ● Studiul problemelor tehnologice individuale sau legate de realizarea unui anumit produs ; ● Elaborarea de procedee tehnologice noi sau dezvoltarea și îmbunătățirea unor tehnologii existente ; ● Experimentarea în laborator și în producție a procedeelor elaborate ; ● Întocmirea proiectelor de execuție pentru liniile, mașinile dispozitivele sau sculele necesare aplicării tehnologiilor elaborate ; ● Întocmirea proiectelor de utilare tehnologică a secțiilor sau atelierelor în care se vor realiza tehnologiile respective ; ● Construcția în ateliere proprii a utilajelor proiectate ; ● Execuția de prototipuri de mașini și dispozitive și experimentarea acestora în vederea introducerii lor în fabricația de serie ; ● Elaborarea de metode de măsură și control interoperații și final, proiectarea și executarea utilajelor necesare controlului și sortării cu diferite grade de automatizare ; ● Proiectarea și eexcutarea de bancuri de probă pentru studii de laborator și fabricația de serie ; ● Organizarea fabricației, transportului intern și depozitării în secțiile și atelierele destinate aplicării noilor tehnologii, planificarea și urmărirea producției ; ● Elaborarea de sisteme pentru automatizarea pregătirii tehnologiei precum și pentru planificare, lansare și urmărire cu ajutorul calculatorului electronic ; ● Acordarea de asistență tehnică pentru aplicarea procedeelor tehnologice elaborate și pentru punerea în funcțiune a utilajelor proiectate și executate; ● Acordarea de licențe, know-how și punerea la dispoziție a documentației de execuție pentru lucrările executate de institut.

POSIBILITĂȚI MULTIPLE DE UTILIZARE,
MANIPULARE UȘOARĂ, FUNCȚIONARE
ECONOMICĂ

OMNIA OFERĂ MAȘINI ȘI UTILAJE DE SUDARE :

- COMPONENTELE UTILAJELOR DE SUDARE CONFORM COMENZILOR
- SEMIAUTOMATE DE SUDARE
- DISPOZITIVE DE POZIȚIONARE
- FLUXURI DE SUDARE
- ELECTROZI DE SUDARE

OMNIA

OMNIA
ÎNTREPRINDERE DE COMERȚ EXTERIOR
Dunajská 4, 814 81 Bratislava R.S.C.
Telefon : 350 111, Telex : 92226

PUBLICOM

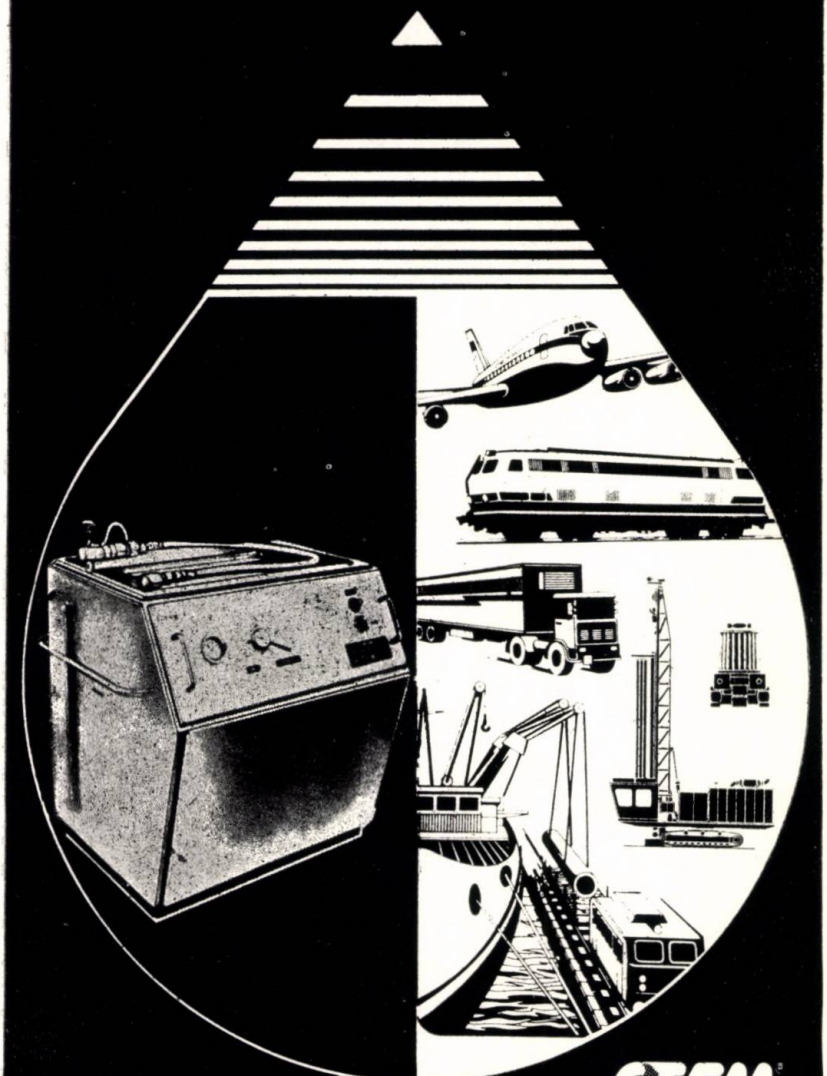
„MOTORUL DUMNEAVOASTRĂ ALIMENTAT DIETETIC"

Instalația de filtrare fină „SOG" realizează recuperarea uleiurilor, a combustibililor și a lichidelor hidraulice in vederea recirculării în fluxul de exploatare a motoarelor cu ardere interpă, a pompelor, a agregatelor și a subansamblelor din domeniul mecanicii fine.

Filtrarea fină realizează la o singură filtrare indepărtarea particulelor abrazive și metalice cu dimensiunea de peste 1 micron și, la filtrări repetate, a particulelor sub 1 micron.

Elementul de filtrare nu necesită materiale de schimb sau suplimentare.

Instalația de filtrare fină „SOG" realizează creșterea de pină la de 6 ori a performanțelor motorului, funcție de condițiile de exploatare a acestuia.



Pentru informații scrieți pe adresa :

STEM

V/O TECHMASHEXPORT
U.R.S.S., 117330 Moscova
Str. Mostilmovskaia nr. 35
Telefon : 143-86-60
Telex : 411068, 411228

PUBLICOM

balkancarimpex

Uniunea economică BALKANCAR
Bulgaria, 1618 Sofia, Bd. „Deveti septemvri" 126
Telefon : 55 00 21, Telex : 22061/2

Societatea comercială BALKANCARIMPEX
Bulgaria 1040 Sofia, Bd. „Kliment Ohridski" 18
Telefon : 75 301, Telex : 23923, 23175, 23431/2

CĂRUCIOARE-TRACTOARE ELECTRICE ŞI REMORCI PURTÎND MARCA „BALKANCAR"

— **structură compactă**
— **manevrabilitate**
— **viteză**

Performanțe și autonomie capabile să satisfacă toate cerințele
Sarcina la cîrlig : 250 kg
Capacitatea de încărcare a remorcii : 2000 kg
Viteza de translație sub sarcină : 8 km/h

balkancar

PUBLICOM

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA KÖNYVTÁRA
MŰSZAKI INFORMÁCIÓS OSZTÁLY

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI — OID—ICM

71102 Calea Victoriei Nr. 133, București, sector 1

Telefon 50.31.30 Căsuța poștală 22-125

DESPRE PROGRESUL TEHNIC ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI DIN ȚARĂ ȘI STRĂINĂTATE VĂ PUTEȚI INFORMA PRIN :

- PUBLICAȚIILE OID—ICM
- DOCUMENTAREA CU CALCULATORUL (SISTEMUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI, SID—CM)

E3279

ISIM

Sudare şi încercări de materiale

GSE

Referativ
R 1989 FEB 15

CONSTRUCTIA DE MASINI

BUCUREŞTI ■ XXXX ■ DECEMBRIE ■ 1988 12

AMPLU ŞI STRĂLUCIT PROGRAM DE MUNCĂ ŞI ACŢIUNE REVOLUŢIONARĂ

ORSZÁGOS MUSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTÉS KÖNYVTÁR 1883

LUCRĂRILE COMUNE ALE PLENAREI COMITETULUI CENTRAL
AL PARTIDULUI COMUNIST ROMÂN,
CONSILIILOR ŞI BIROURILOR EXECUTIVE
ALE ORGANISMELOR DEMOCRAŢIEI MUNCITOREŞTI-REVOLUŢIONARE
ŞI ORGANIZAŢIILOR DE MASĂ ŞI OBŞTEŞTI

CONSTRUCȚIA DE MAȘINI

ORGAN AL MINISTERULUI INDUSTRIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
EDITOR : OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI
ANUL XXXX, 12, decembrie, 1988

CUPRINS

Sudare și încercări de materiale

DEHELEAN, D., COSTACHE, D. : **Influența tehnologiei de sudare cu fascicul de electroni asupra defectelor, la sudarea unui aliaj de aluminiu pentru pistoane** 623

NICA, M., CÂMPUREAN, A., ARITON, A., SOFRONIA, A., ȘTEFAN, M., CANTARAGIU M., OPREAN, MARIANA : **Instalație pentru sudare subacvatică prin procedeul MIG/MAG, cu uscare locală** 625

TUSZ, FR. : **Îndreptarea carcaselor metalice, după sudare, cu ajutorul electromagneților** 631

POPOVITS, D., SUBU, T. : **Concordanța dintre două metode de estimare a structurii în depuneri prin sudare cu electrozi înveliți din oțel inoxidabil** 636

PANAITESCU, S., HERMAN, MIHAELA, BOLDUREAN, Z., OANCĂ, O. : **Creșterea productivității muncii și îmbunătățirea calității sudurii, la asamblarea componentelor de caroserie a mașinilor agricole, prin introducerea sudării electrice prin presiune în puncte multiple** 639

SAFTA, V. : **Cercetări privind modelarea experimentală a procesului de refulare, la sudarea prin presiune** 641

DEHELEAN, N. : **Dispozitiv de poziționare în vederea sudării tablelor pentru corpul cuvelor de condensator** 644

DRĂGHICI, M., BĂRBUȚ, FR. : **Metodă privind utilizarea cristalelor lichide colesterice, în controlul nedistructiv al pieselor acoperite prin metalizare** 646

GRIMBERG, R., SAVIN, A., PLĂVĂNESCU, R., PLĂVĂNESCU, A., APĂVĂLOAIE, D. : **Particularități ale controlului țevilor din oțeluri austenitice utilizînd metoda curenților turbionari** 649

ȘONTEA, S., CERNĂIANU, E., ROȘCA, V., TĂRIȚĂ, DANIELA, FLEȘER, TR. : **Considerații asupra proprietăților de rezistență ale unor aliaje neferoase la temperaturi joase** 653

CERNĂIANU, E., ȘONTEA, S., VĂDUVOIU, GH., ROȘCA, V. : **Încercarea la oboseală prin încovoiere plană a îmbinărilor elementelor din cupru, lipite prin aliaje cu argint** 658

ȘONTEA, S., CERNĂIANU, E., VĂDUVOIU, GH., PÎRVULESCU, T. : **Considerații asupra standardizării încercărilor mecanice și tehnologice ale îmbinărilor lipite** 661

Revista apare sub îndrumarea
Consiliului Științific al Institutului Central pentru Construcții de Mașini

Redactor șef : ing. Teodosia Oprescu
Redactor : Șerban Teodorescu
Coordonator : Ing. Petru Țenchea

SUMARE

CZU : 621.791.01

Dehelean, D., Costache, D.: **Influenţa tehnologiei de sudare cu fascicul de electroni asupra defectelor la sudarea unui aliaj de aluminiu pentru pistoane**

Se prezintă influenţa vitezei de sudare, a poziţiei focarului şi condiţiilor operatorii asupra frecvenţei şi volumului de defecte la sudarea cu fascicul de electroni a unui aliaj de aluminiu cu siliciu pentru pistoane. Sînt indicate condiţiile de sudare recomandate pentru obţinerea unor suduri cu un volum acceptabil de defecte la sudare.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 4 fig., 3 tab., 3 ref. bibl.

CZU : 621.791.754.037

Nica, M., Cîmpurean, A., Ariton, A., Sofronia, A., Ştefan, M. Cantaragiu, M., Oprean, Mariana: **Instalaţie penaru sudarea subacvatică prin procedeul MIG/MAG cu uscare locală**

Lucrarea prezintă principiul de funcţionare şi structura unei instalaţii pentru sudarea hiperbarică prin procedeul MIG/MAG, utilizînd metoda izolării zonei arcului la sudare cu ajutorul unui vortex produs de ieşirea sub presiune a unor perdele de apă şi aer prin ajutaje adecvate. Se descriu pe larg componentele dispozitivului de avans al sîrmei, al capului de sudare şi măsurile speciale luate pentru sudarea subacvatică. În final se arată rezultatele experimenaale la sudarea cap la cap şi de colţ prin această metodă.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 13 fig., 7 ref. bibl.

CZU : 621.791.011

Tusz, F.: **Îndreptarea carcaselor metalice, după sudare, cu ajutorul electromagneţilor**

Lucrarea cuprinde o prezentare succintă a deformaţiilor cauzate de sudură la carcasele metalice ale vagoanelor de călători precum şi metodele clasice de îndreptare. Se prezintă detaliat metoda îndreptării carcaselor după sudură cu ajutorul electromagneţilor şi cu încălziri locale. Se descrie modul de elaborare a tehnologiei de îndreptare precum şi instalaţia cu ajutorul căreia se elimină deformaţiile. Lucrarea cuprinde efectele calitative şi economice ale metodei.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 8 fig., 1 tab., 5 ref. bibl.

CZU : 621.791.92.011

Popovits, D., Subu, T.: **Concordanţa dintre două metode de estimare a structurii în depuneri prin sudare cu electrozi înveliţi din oţel inoxidabil**

Rezultatele calculelor grafice şi analitice, precum şi interpretarea rezultatelor cu ajutorul diagramei Schaeffler au arătat că există o bună concordanţă între două metode de estimare a structurilor metalelor depuse cu electrozi înveliţi din oţel inoxidabil. Conform primei metode se trasează o dreaptă numită „linie directoare de diluţie", iar conform metodei propuse în lucrare se trasează „liniile tampon ale metalului de adaos" şi se efectuează calculele analitice corespunzătoare.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 2 fig., 3 tab., 5 ref. bibl.

CZU : 621.791.76 : 631.3

Panaitescu, Ş., Herman, Mihaela, Boldurean, Z,. Oancă, O.: **Creşterea productivăţii muncii şi îmbunătăţirea calităţii sudurii la asamblarea componentelor de caroserie a maşinilor agricole, prin introducerea sudării electrice prin presiune în puncte multiple**

În lucrare se prezintă căile de creştere a productivităţii muncii şi îmbunătăţirea calităţii sudurii la asamblarea componentelor de caroserie a maşinilor agricole, prin introducerea sudării electrice prin presiune în puncte multiple la subansamblele casă fixă, casă oscilantă, capotaj.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 1 fig., 3 ref. bibl.

CZU : 620.173.254.251.2

Safta, V.: **Cercetări privind modelarea experimentală a procesului de refulare la sudarea prin presiune**

Modelarea procesului de refulare se realizează prin încercări de compresiune la cald. Folosind epruvete de diferite forme de secţiune constantă : circulară, inelară, hexagonală şi pătrată, se pune în evidenţă influenţa suprafeţei specifice laterale şi influenţa gradului de zvelteţe asupra sarcinii de refulare corespunzătoare deformaţiei plastice de 10% la diferite temperaturi, precum şi asupra caracteristicii forţă — deformaţie.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 7 fig., 2 tab.

CZU : 621.791.03

Dehelean, N.: **Dispozitiv de poziţionare în vederea sudării tablelor pentru corpul cuvelor de condensator**

Lucrarea prezintă un dispozitiv cu acţionare pneumatică destinat poziţionării în vederea sudării pe generatoare a cuvelor de condensator. Poziţionarea celor două laturi ale corpului de cuvă se face la 90°.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 4 fig.

CZU : 620.179.131

Drăghici, M., Bărbuţ, F.: **Metodă privind utilizarea cristalelor colesterice în controlul nedistructiv al pieselor acoperite prin metalizare**

Controlul pieselor mealizate utilizînd cristale lichide colesterice se bazează pe fenomenul de colorare diferită a acestora — în reflexie — funcţie de temperatură. Dacă stratul metalizat prezintă defecte de tipul desprinderilor de materialul de bază, căldura va fi disipată diferit pe suprafaţa piesei, efectul acestui fenomen fiind colorarea diferită a stratului de cristal lichid aplicat pe suprafaţa piesei.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 3 fig., 2 ref. bibl.

CZU : 620.179.142

Grimberg, R., Savin, A., Plăvănescu, R., Plăvănescu A., Apăvăloaie, D.: **Particularităţi ale controlului ţevilor din oţeluri austenitice utilizînd metoda curenţilor turbionari**

În lucrare se prezintă o metodă de calcul care permite determinarea condiţiilor optime de control, făcîndu-se o evaluare a indicaţiilor funcţie de tipul şi natura discontinuităţilor de material. Se compară datele teoretice cu datele experimentale obţinute cu ajutorul unei instalaţii utilizate la CET Iaşi pe defecte etalon practicate pe ţevi din oţel austenitic.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 6 fig., 4 ref. bibl.

CZU : 620.172/.174.251.1

Şontea, S., Cernăianu, E., Roşca, V., Tărâţă, Daniela, Vleşer, T.: **Consideraţii asupra proprietăţilor de rezistenţă ale unor aliaje neferoase la temperaturi joase**

Lucrarea prezintă rezutatele unor cercetări experimentale pentru determinarea principalelor caracteristici mecanice la temperaturi joase, pînă la —60°C, pentru cîteva metale şi aliaje neferoase.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 2 fig., 6 tab., 4 ref. bibl.

CZU : 620.178.322 : 621.791.3.052 : 621 : 314

Cernăianu, E., Şontea, S., Văduvoiu, Gh., Roşca, V.: **Încercarea la oboseală prin încovoiere plană a îmbinărilor elementelor din cupru, lipite prin aliaje cu argint**

În lucrare se prezintă rezultatele încercărilor la oboseală prin încovoiere plană a îmbinărilor elementelor din cupru, lipite prin aliaje cu argint, folosite în construcţia transformatoarelor.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 4 fig., 3 tab., 4 ref. bibl.

CONTENTS

UDC : 621.791.01

Dehelean, D., Costache, D. : **Electron — beam welding and defects likely to occur in welding Al alloys used for pistons**

The influence of welding speed, focus position and operating conditions on the frequency and amount of defects likely to occur in the electrone-beam welding of AlSi alloys used for pistons are presented. The welding conditions in order to achieve sound welds are pointed out.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 12, 4 Figs., 3 Tabs., 3 Paps.

UDC : 621.791.754.037

Nica, M.. Câmpurean, A., Ariton, A., Sofronia, A., Ștefan, M. Cantaragiu, M., Oprean, Mariana : **Local drying underwater MIG/MAG welding equipment**

The work presents the operating principle and the construction of a hyperbar MIG/MAG welding equipment, using the arc area isolation method while welding with vortex produced by air and water screens getting out with pressure from adequate nozzles. The wire drive feed unit and the welding gun components. as well as the special measures taken for underwater welding are described. Finally, the experimental results of butt and fillet welding by the proposed method are presented.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 12, 13 Figs., 7 Paps.

UDC : 621.791.011

Tusz, F. : **Electromagnetic straightening of metallic frames after welding**

This work briefly presents the railway carriage metallic frames deformations caused by welding and the straightening methods. A detailed description is made of the electromagnetic and local heating frame straightening after welding. The developing of the new straightening technology and of the equipment used for this purpose are described. The work also gives the qualitative and economical effects of the method.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 12, 8 Figs., 1 Tabs., 5 Paps.

UDC : 621.791.92.011

Popovits, D., Subu, T. : **Concordance between two methods of estimation of weld overlays structures performed by stainless steel covered electrodes**

The results of the analytical and graphical calculi and their interpretations by means of the Schaeffler — diagram showed that there is a very good concordance between two methods of estimation of weld overlays structures performed by stainless steel covered electrodes. According to the first method „the dilution direction line" has been plotted and according to the method proposed in the paper „the buffer lines of the filler metal" have been plotted. Some analytical calculi have also been carried out.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 12, 2 Figs., 3 Tabs., 5 Paps.

UDC : 621.791.76 : 631.3

Panaitescu, Ș., Herman, Mihaela, Boldurean, Z,. Oancă, O. : **The increase of labour productivity and improvement of the weld quality in the joining of the components from the agricultural machine bodies, by implementation of resistance multiple spot welding.**

The paper presents the means for increasing the labour productivity and improving the weld quality in joining the components of the agricultural machine bodies by implementation of resistance multiple spot welding. This process is applied to the subassemblies of the body.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 12, 1 Fig., 3 Paps.

UDC : 620.173.254.251.2

Safta, V. : **Studies on the experimental simulation of the upsetting process in resistance welding**

The simulation of upsetting is performed by hot compression tests. Using specimens of various forms with a constant section : circular, annular, hexagonal and square both the influence of the sided specific surface and that of the slimness coefficient on the upsetting load corresponding to the 10% plastic deformation at various temperatures, as well as on the force-deformation characteristic are pointed out.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 12, 7 Figs., 2 Tabs.

UDC : 621.791.03

Dehelean, N. : **Positioning system for the welding of capacitor tank boody sheets**

The paper presents a pneumatic drive unit destined for the positioning of the capacitor tanks on the generators in order to be welded. The positioning of the two sides of the capacitor body is performed at 90°.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 12, 4 Figs.

UDC : 620.179.131

Drăghici, M., Bărbuț, F. : **Method regarding the use of cholesteric liquid crystals in the non-destructive inspection of thermal-sprayed metallized components**

The inspection of thermal-sprayed metallized components using cholesteric liquid cystals is based on the different colouring phenomenon — in reflection — — depending on the temperature of the components. If the thermal-sprayed layer has defects of the disbond type the heat on the surface of the component will be differently dissipated. The effect of this phenomenon is the different colouring of the liquid crystal layer applied on the surfaces of the component.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 12, 4 Figs., 2 Paps.

UDC : 620.179.142

Grimberg, R., Savin, A., Plăvănescu, R., Plăvănescu A., Apăvăloaie, D. : **Particularities of the eddy-current testing of austenitic steel tubes**

The paper presents a calculation method that allows to establish the most propitious control conditions, with a simultaneous estimation of the indications, as a function of the type and character of material discontinuities. The theoretical data are compared with the experimental values, that were obtained by means of an installation used in the Centrum of Technical Physics in Iassy, on standard flaws, drilled on tubes of austenitic steel.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 12, 6 Figs., 4 Paps.

UDC : 620.172.174.251.1

Sontea, S., Cernăianu, E., Roșca, V., Tărâță, Daniela, Fleșer, T. : **Considerations on the tensile properties of some non-ferrous alloys at low temperatures**

The paper presents the results of some experimental studies for the determination of the main mechanical characteristics at low temperatures, up to —60°C, for some metals and nonferous alloys.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 12, 2 Figs., 6 Tabs., 4 Paps.

UDC : 620.178.322 : 621.791.3.052 : 621 : 314

Cernăianu, E., Șontea, S., Văduvoiu, Gh., Roșca, V. : **Plane bending fatigue tests of copper elements soldered through silver alloys**

In this paper we present the results to the plane bending fatigue tests of copper elements soldered through silver alloys, used in current transformers construction.

Construcția de mașini, 40 (1988), nr. 12, 4 Figs., 3 Tabs., 4 Paps.

SOMMAIRES

CDU : 621.791.01

Dehelean, D., Costache, D. : **Influence du mode opératoire de soudage par faisceau d'électrons sur les défauts au soudage d'un aliage d'aluminium pour les pistons**

On présente l'influence de la vitesse de soudage, de la position du foyer et des conditions de soudage sur la fréquence et le taux des défauts au soudage par faisceau d'électrons d'un aliage Al—Si pour les pistons. On indique les conditions de soudage recommandeés pour obtenir des soudures avec un volume acceptable de défauts de soudage.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 12, 4 fig., 3 tab., 3 réf. bibl.

CDU : 621.791.754.037

Nica, M.. Câmpurean, A., Ariton, A., Sofronia, A., Ştefan, M. Cantaragiu, M., Oprean, Mariana : **Installation pour le soudage MIG/MAG sous l'eau avec séchage local**

On présente le principe de fonctionnement et la structure d'une installation de soudage MIG/MAG hyperbare par la méthode de l'isolation de la zone de l'arc à l'aide d'un vortex produit par la sortie sous pression des rideaux d'eau et d'air à travers les buses adéquates. On décrit les composants du dévidoir, de la torche de soudage et les mesures spéciales adoptées pour le soudage sous l'eau. On présente les résultats expérimentaux du soudage bout à bout et en angle par cette méthode.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 12, 13 fig., 7 réf. bibl.

CDU : 621.791.011

Tusz, F. : **Redresement des carcasses métalliques après soudage à l'aide des électro-aimants**

On présente brièvement les déformations de soudage des carcasses métalliques des voitures à voyageurs, ainsi que les méthodes classiques de redressement. On présente en détail la méthode de redressement des carcasses après soudage à l'aide des électro-aimants et des chauffages locaux. On décrit le mode d'élaboration de la technologie de redressement, ainsi que l'installation utilisé pour éliminer les déformations. On présente les effets économiques et concernant la qualité de la méthode donnée.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 12, 8 fig., 1 tab., 5 réf. bibl.

CDU : 621.791.92.031

Popovits, D., Subu, T. : **Concordance de deux méthodes d'évaluation de la structure de rechargements par soudage avec électrodes enrobées en acier inoxydable**

Lex résultats des calculs graphiques et analytiques, ainsi que leur interprétation par rapport au diagramme de Shaeffler ont mis en évidence une très bonne concordance de deux méthodes d'évaluation de la structure des rechargements réalisés avec électrodes enrobées en acier inoxydable. Selon la première méthode on trace „la ligne directrice de dilution", selon la méthode proposée dans l'étude on trace „les lignes-tampon du métal d'apport" et on effectue les calcules analytiques correspondants.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 12, 2 fig., 3 tab., 5 réf. bibl.

CDU : 621.791.76 : 631.3

Panaitescu, Ş., Herman, Mihaela, Boldurean, Z,. Oancă, O. : **Amélioration de la productivité du travail et optimisation de la qualité de la soudure à l'assemblage des composantes de carrosserie des machines agricoles par l'introduction du soudage multipoint par résistance**

On présente les voies d'amélioration de la productivité du travail et d'optimisation de la qualité de la soudure à l'assemblage des composantes de carrosserie des machines agricoles à l'aide du soudage multipoint par résistance par points multiples des sous-ensembles : casse fixe, casse oscillante, capotage.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 12, 1 fig., 3 ref. bibl.

CDU : 620.173.254.251.2

Safta, V. : **Recherches sur la simulation expérimentale du processus de refoulement au soudage par pression**

La simulation du processus de refoulment est réalisée par des essais de compression à chaud. En utilisant des éprouvettes de formes diverses, mais de section constante : circulaire, annulaire, hexagonale et carrée on met en évidence l'influence de la surface spécifique latérale et l'influence du degré de souplesse sur l'effort de refoulement correspondant à une déformation plastique de 10% á des temperatures différentes et sur la caractéristique forme-déformation.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 12, 7 fig., 2 tab.

CDU : 621.791.03

Dehelean, N. : **Dispositif de positionnnement pour le soudage des tôles du corps des cuves de condensateur**

On présente un dispositif actionné pneumatiquement, destiné au positionnement pour le soudage sur générateurs des cuves de condensateur. Les deux flancs du corps de cuve sont positionnés à 90°.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 12, 4 fig.

CDU : 620.179.131

Drăghici, M., Bărbuţ, F. : **Méthode d'utilisation des cristaux liquides cholestériques dans le contrôle non-destructif des pièces métallisées**

Le contrôle des pièces métallisées à l'aide des cristaux liquides cholestériques s'appuie sur leur aptitude de se colorer différemment en cas de réflexion, en fonction de la température. Si la couche métallisse présente des défauts du type exfoliation du métal déposé, la chauleur sera dirigée différemment sur la pièce. Suite de ce phénomène, la couche de cristal liquide déposée sur la surface de la pièce se colore différemment.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 12, 3 fig., 2 réf. bibl.

CDU : 620.179.142

Grimberg, R., Savin, A., Plăvănescu, R., Plăvănescu A., Apăvăloaie, D. : **Particularités de l'examen par la méthode des courants Foucault des tubes en acier austénitique**

On présente une méthode de calcul qui permet de déterminer les conditions optimales de contrôle, en faisant une évaluation des indications en fonction du type et de la nature des discontinuités de matériau. Les données théoriqes sont comparées avec les valeurs expérimentales obtenues à l'aide d'une installation utilisée au Centre de Physique Technique de Iassy sur des défauts — étalon pratiqués dans des tubes en acier austénitique.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 12, 6 fig., 4 réf. bibl.

INHALTSVERZEICHNIS

DK : 621.791.01

Dehelean, D., Costache, D.: **Der Einfluss des Elektronenschweissens auf die Fehler einer Aluminiumlegierung für Kolben**

Es wird der Einfluss der Schweissgeschwindigkeit, der Fokuslage und der Bedienungsbedingungen auf die Frequenz und Volumen der Fehle des Elektronenschweissens einer Aluminiumlegierung mit Silizium für Kolben, dargestellt. Es sind die empfehlten Schweissbedingungen für das Erhalten von Schweissungen mit einem akzeptablen Volumen von Schweissfehler, angegeben.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 4 Bild., 3 Taf., 3 Lit.

DK : 621.791.754.037

Nica, M.. Câmpurean, A., Ariton, A., Sofronia, A., Ştefan, M. Cantaragiu, M., Oprean, Mariana: **MIG/MAG — Unterwasserschweissanlage mit örtlicher Trocknung**

Die Arbeit saellt das Arbeitsprinzip und die Struktur einer MIG/MAG Schweissanlage zum Schweissen unter hohem Druck vor; es wird die Lichtbogenzoneabsonderung beim Schweissen, mit Hilfe eines durch den erzwungenen Austritt, durch entsprechende Düsen, einiger Wasser — und Luftvorhäge erzeugten Wirbels, beschrieben. Weiterhin werden die Bestandteile der Drahtvorschubeinheit, des Schweissbrenners und die besonderen, zum Unterwasserschweissen notwendigen Massnahmen, ausführlich dargestellt. Zum Schluss werden die mit dieser Methode erzielten Versuchsergebnisse beim Stumpfnaht — und — Kehlnahtschweissen gezeigt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 13 Bild., 7 Lit.

DK : 621.791.011

Tusz, F.: **Die elektromagnetische Gleichrichtung der metallischen Hauben nach dem Schweissen**

Der Bericht enthält eine kurze Darstellung der im Schweissprozess der metallischen Hauben der Reisewaggons erschienenen Deformationen sowie auch die Klassischen Metoden der Zurechtsetzung. Die Zurechtsetzung der Hauben mit Hilfe der Elektromagneten und der lokalen erwärnung nach dem Schweissen werden detailliert vorgestellt. Es wird die Entwicklung der Technologie der Zurechtsetzung so wie auch die Anlage mit Hilfe welche die Deformationen ausgeglichen werden beschrieben. Der Bericht enthält auch die qualitative und ökonomische Konsequenzen der Methode.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 8 Bild., 1 Taf., 5 Lit.

DK : 621.791.92.011

Popovits, D., Subu, T.: **Übereinstimmung zwischen zwei Methoden zur Einschätzung der Gefügen in Auftragschweissungen mit umhüllten rostfreien Elektroden**

Die Ergebnisse der analytischen und graphischen Berechnungen, sowie ihrer Interpretation mit Hilfe des Schaeffler-Diagramme zeigten, dass eine sehr gute Übereinstimmung zwischen zwei Methoden zur Einschätzung der Gefügen bei Auftragungen mit umhüllten rostfreien Elektroden vorhanden ist. Gemäss der ersten Mehode wird die „dilution direction line" gezogen und gemäss der in der Arbeit vorgeschlagenen Methode werden die „Pufferlinien des Zusatzmetalls" gezogen und einige analytische Berechnungen durchgeführt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 2 Bild., 3 Taf., 5 Lit.

DK : 621.791.76 : 631.3

Panaitescu, Ş., Herman, Mihaela, Boldurean, Z,. Oancă, O.: **Die Erhöhung der Arbeitsproductivität und die Gütever — besserung der Schweissung bei der Bestandteileaufstellung des Obergestells der landwirtschaftlichen Maschinen, durch die Einführung des Widerstandspunktschweissens**

Im Beitrag werden die Wege zur Erhöhung der Arbeits — produktivität und die Güteverbesserung der Schweissung beim Aufstellen der Bestandteile vom Obergestell der landwirtschaftlichen Maschinen, durch die Einführung des Widerstandspunktschweissens bei den Bauteilen, dargestellt.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 1 Bild., 3 Lit.

DK : 620.173.254.251.2

Safta, V.: **Untersuchungen hinsichtlich der experimentellen Modellierung des Stauchprozesses beim Widerstandsschweissen**

Die Modellierung des Stauchprozesses erfolgt durch Warmdruckprüfungen. Bei Anwendung der Proben von verschiedener Form mit konstantem Querschnitt: rund —, ringförmig, hexagonal und viereckig wird der Einfluss der spezifischen seitlichen Oberflläche und der Einfluss des Schlankheitsgrades auf die Stauchbelastung entsprechend der plastischen Verformung von 10% bei verschiedenen Temperaturen, sowie auch auf die Charakteristiken Kraft — Verformung, hervorgehoben.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 7 Bild., 2 Taf.

DK : 621.791.03

Dehelean, N.: **Positionieranlage zum Blechschweissen des Wärmekörpers am Kondensator**

Der Beitrag stellt eine für den pneumatischen Antrieb Kondesatorwannen, dar. Die Positionierung beider Seiten des Wärme — körpers erfolgt bei 90°.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 4 Bild.

DK : 620.179.131

Drăghici, M., Bărbuţ, F.: **Verfahren für die Anwendung der flüssigen Kristalle in der zerstörungsfreien Prüfung von plattierten Werkstücken**

Die Prüfung der plattierten Werkstücken unter Anwendung von flüssigen Kristallen basiert auf dem Vorgang der verschiedenen Korrelierung — Reflexion — abhängig von deren Temperatur. Wenn die platierte Schicht Fehler des Grundwerkstoffablösens aufweist, wird die Wärme verschiedenartig auf der Werkstückoberfläche zerstreut. Die Wirkung dieses Vorgangs ist die verschiedene Korrelierung der flüssigen Kristallschicht auf die Werkstückoberfläche.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 3 Bild., 2 Lit.

DK : 620.179.142

Grimberg, R., Savin, A., Plăvănescu, R., Plăvănescu A., Apăvăloaie, D.: **Besonderheiten der Wirbelstromprüffung von Rohren aus austenitischem Stahl**

Im Beitrag wird eine Berechnungsmethode vorgestellt, die ermöglicht, die optimalen Kontrollbedingungen zu bestimmen, indem auch eine Bewertung der Anzeigen in Abhängigkeit von Typ und Art der Materialunstetigkeiten durchgeführt wird. Die theoretischen Werte werden mit den experimentallen Daten verglichen, die mit Hilfe einer im Zentrum für Technische Physik aus Iassy vorhandenen Anlage erhalten wurden, in dem Rohre aus austenitischem Stahl, die mit gerichten Fehlern versehen wurden, untersucht werden.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 6 Bild., 4 Lit.

СОДЕРЖАНИЕ

УДК : 621.791.01
Дехелеан, Д., Костаке, Д. : *Влияние технологии электронолучевой сварки на дефекты при сварке алюминиевого сплава для поршней*

Представлено влияние скорости сварки, положения фокуса и условий работы на частоту и объектов дефектов при электроннолучевой сварке кремнеалюминиевого сплава для поршней. Установлены условия сварки, рекомендуемые для получения сварных швов с допустимым объемом сварочных дефектов.
Construcţia de maşini, 40 (1988,)
н. 12, 4 рис., 3 таб., 3 лит.

УДК : 621.791.754.037
Ника, М., Кымпурян, А., Аритон, Е., Софрония, А., Штефан, М., Кантараджну, М., Опреан, Марияна : *Установка для сварки МИГ/МАГ под водой с местной сушкой*

Представлены принцип работы и структура установки для гипербарической сварки МИГ/МАГ изоляцией промежутка сварочной дуги вортексом, производимым выходом под давлением водяных и воздушных завес через соответствующие сопла. Описаны составляющие части устройства для подачи проволоки, сварочной головки и специальные меры, принятые при сварке под водой. Представлены экспериментальные результаты стыковой и угловой сварки данным методом.
Construcţia de maşini, 40 (1988,)
н. 12, 13 рис., 7 лит.

УДК : 621.791.011
Туш, Фр. : *Выправление после сварки металлических корпусов при помощи электромагнитов*

Сделано краткое представление сварочных деформаций металлических корпусов пассажирных вагонов, а также классических методов выправления. Подробно представлен метод выправления после корпусов при помощи электромагнитов и местных нагревов. Описан способ разработки технологии выправления, а также установки для удаления деформаций. Представлены качественные и экономические эфекты данного метода.
Construcţia de maşini, 40 (1988,)
н. 12, 8 рис., 1 таб., 5 лит.

УДК : 621.791.92.011
Попович, Д., Субу, Т. : *Совпадение двух методов оценки структуры металлов, наплавленных с покрытыми электродами из нержавеющей стали*

Результаты графических и аналитических расчётов, а также интерпретация результатов с помощью диаграммы Шеффлера показали, что существует хорошее совпадение двух методов оценки структуры металлов, наплавленных с покрытыми электродами из нержавеющей стали. По первому методу намечают «направляющую линию растворимости», а по методу, предложенному в работе, намечают «линии-буфер приссадочного металла» и выполняют аналитические соответствующие расчёты.
Construcţia de maşini, 40 (1988,)
н. 12, 2 рис., 3 таб., 5 лит.

УДК : 621.791.76 : 631.3
Панаитеску, Ш., Герман, Михаела, Болдуреан, З., Оанкэ, О. : *Повышение производительности труда и улучшение качества сварки при сборке составляющих частей кузова сельскохозяйственных машин внедрением контактной многоточечной сварки*

В работе представлены пути повышения производительности труда и улучшения качества сварки при сборке составляющих частей кужова сельскохозяйственных машин внедрением контактной многоточечной сварки подузлов : неподвижная камера, колебательная камера, кузов.
Construcţia de maşini, 40 (1988,)
н. 12, 1 рис., 3 лит.

УДК : 620.173.254.251.2
Сафта, В. : *Исследования по экспериментальному моделированию процесса осадки при контактной сварке*

Моделирование процесса осадки осуществляется путем испытаний на тепловое сжатие. С использованием образцов с постоянным сечением различной формы, т.е. круговой, кольцевой, гексагональной и квадратной выявлены влияния удельной боковой поверхности и степени гибкости на нагрузку осадки, соответствующей пластической деформации 10% при различных температурах, а также на характеристику силы — деформации.
Construcţia de maşini, 40 (1988,)
н. 12, 7 рис., 2 таб.

УДК : 621.791.03
Дехелеан, Н. : *Позиционное устройство ввиду сварки листов для корпуса конденсаторных ванн*

В работе представлено позиционное устройство с пневматическим приводом, предназначенное для сварки по образующей конденсаторных ванн. Установление двух сторон корпуса ванны выполняет под углом 90°.
Construcţia de maşini, 40 (1988,)
н. 12, 4 рис.

УДК : 620.179.131
Дрэгич, М., Бэрбуц, Ф. : *Метод использования холестеринных жидких кристаллов для неразрушающего контроля напыленных покрытий*

Контроль напыленных деталей с использованием пневматическим приводом, предназначенное для сварки разного окрашивания — в отражении — в зависимости от их температур. В случае, что напыленный слой представляет дефекты типа отславаний от основного материала, теплота рассеивается неоднородно на поверхность деталей. Эффект этого явления состоит в разности окраживания слоя жидких нанесеных на поверхности деталей кристаллов.
Construcţia de maşini, 40 (1988,)
н. 12, 3 рис., 2 лит.

УДК : 620.179.142
Гринберг, Р., Савин, А., Плэвэнеску, Р., Плэвэнеску, А., Апэвэлоаие, Д. : *Особенности контроля труб из аустенитных сталей вихретоковым методом*

Представлен расчетный метод определения оптимальных условий контрля путем оценки указаний по виду и природе несполшностей материала. Сопоставлены теоретические и экспериментальные данные, полученные на эталонных дефектах, выполненных на трубах из аустенитных сталей, при помощи установки, использованной в Центре Технической Физики г. Яссы.
Construcţia de maşini, 40 (1988,)
н. 12, 6 рис., 4 лит.

УДК : 620.172/.174.251.1
Шонтеа, С., Чернэяну, Е., Рошка, В., Тэрыцэ, Даниела, Флешер, Т. : *Соображения по характеристикам прочности некоторых цветных сплавов при низких температурах*

В работе представлены результаты экспериментальных исследований по определению основных механических характеристик некоторых цветных металлов и сплавов при низких температурах, примерно до —60° С.
Construcţia de maşini, 40 (1988,)
н. 12, 2 рис., 6 таб., 4 лит.

УДК : 620.178.322 : 621.791.3.052 : 621 : 314
Чернэяну, Е., Шонтеа, С., Вэдувою, Г., Рошка, В. : *Испытание на усталость при плоском изгибе соединений медных деталей, паяных серебряными сплавами*

В работе представлены результаты испытаний на усталость при плоском изгибе соединений медных деталей, паянных серебряными сплавами, применяемых при изготовлении трансформаторов.
Construcţia de maşini, 40 (1988,)
н. 12, 4 рис., 3 таб., 4 лит.

CZU : 620.16 : 620.172/.176 : 621.791.3.052

Şontea, S., Cernăianu, E., Văduvoiu, Gh., Pîrvulescu, T. : **Consideraţii asupra standardizării încercărilor mecanice şi tehnologice ale îmbinărilor lipite**

Lucrarea prezintă cîteva rezultate ale unor cercetări în legătură cu standardele în vigoare pentru îmbinări prin lipire tare, folosite în industria electrotehnică.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 8 fig., 2 tab., 2 ref. bibl.

UDC : 620.16 : 620.172/.176 : 621.791.3.052

Şontea, S., Cernăianu, E., Văduvoiu, Gh., Pîrvulescu, T. : **Considerations on the standardization of mechanical and technolgical tests of brazed joints**

This paper presents results of some researches concerning the actual standards for brazed joints used in electrotechical industry

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 8 Figs., 2 Tabs., 2 Paps.

CDU : 620.172/.174.251.1

Şontea, S., Cernăianu, E., Roşca, V., Tărâţă, Daniela, Fleşer, T. : **Considérations sur les caractéristiques mécaniques de quelques alliages non ferreux à des basses températures**

L'ouvrage présente les résultats des recherches expérimentales pour la détermination des principales caractéristiques mécaniques à des basses températures jusqu'au —60°C pour quelques métaux et alliages non ferreux.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 12, 2 fig., 6 tab., 4 réf. bibl.

CDU : 620.178.322 : 621.791.3.052 : 621 : 314

Cernăianu, E., Şontea, S., Văduvoiu, Gh., Roşca, V. : **Essai de fatigue par flexion plane des joints des éléments en cuivre, brasés avec des alliages d'argent**

On présente les résultats des essais de fatigue par flexion plane des joints des éléments en cuivre, soudés avec des alliages d'argent, utilisés dans la construction des transformateurs.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 12, 4 fig., 3 tab., 4 réf. bibl.

CDU : 620.16 : 620.172/.176 : 621.791.3.052

Şontea, S., Cernăianu, E., Văduvoiu, Gh., Pîrvulescu, T. : **Considérations sur la normalisation des essais mécaniques et technologiques des joints brasés**

On présente quelques résultats de certaines recherches concernant les normes actuelles pour les joints brasés, empoyées dans l'industrie électrotechnique.

Construcţia de maşini, 40 (1988), no. 12, 3 fig., 2 tab., 2 réf. bibl.

DK : 620.172/.174.251.1

Şontea, S., Cernăianu, E., Roşca, V., Tărâţă, Daniela, Fleşer, T. : **Betrachtungen bezüglich der Festigkeitseigenschaften von Nichteisenlegierungen bei niedrigen Temperaturen**

Die vorliegende Arbeit stellt Ergebnisse einiger experimentellen Versuche für die Feststellung der wichtifsten mechanischen Eigenschaften bei niedrigen Temperaturen bis — 60°C für einige Nichteisenmetalle und Legierungen, dar.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 2 Bild., 6 Taf., 4 Lit.

DK : 620.178.322 : 621.791.3.052 : 621 : 314

Cernăianu, E., Şontea, S., Văduvoiu, Gh., Roşca, V. : **Die planen Dauerschlagbiegeversuchen der durch Silberlegierungen gelöteten Verbindungen von Elementen aus Kupfer**

Die vorliegende Arbeit stellt die Ergebnisse der planen Dauerschlagbiegversuchen, der Verbindungen der Elementes aus Kupfer, die durch Legierungen mit Silber verlötet werden, dar, die in dem Transformatorenbau verwendet werden.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 4 Bild., 3 Taf., 4 Lit.

DK : 620.16 : 620.172/.176 : 621.791.3.052

Şontea, S., Cernăianu, E., Văduvoiu, Gh., Pîrvulescu, T. : **Betrachtungen bezüglich der Vereinheitlichung von mechanischen und technologischen Versuchen bei Lötverbindungen**

Die vorliegende Arbeit stellt einige Ergebnisse bezüglich der aktuellen Normen für die Hartlötung, die in der elektrotechnischen Industrie verwendet werden, dar.

Construcţia de maşini, 40 (1988), nr. 12, 8 Bild., 2 Taf., 2 Lit.

УДК : 620.16 : 620.172/.176 : 621.791.3.052

Шонтеа, С., Чернэяну, Е., Вэдувою, Г., Пырвулеску, Т. : *Соображения по стандартизации механических и технологических испытаний паяных соединений*

В работе представлены результаты исследований по действующим стандартам по соединениям, выполненным твердой пайкой, применяемым в электротехнической промышленности.

Construcţia de maşini, 40 (1988,) н. 12, 8 рис., 2 таб., 2 лит.

Revista „CONSTRUCŢIA DE MAŞINI", organ al Ministerului Industriei Construcţiilor de Maşini din Republica Socialistă România. Redacţia la : Oficiul de informare documentară pentru industria construcţiilor de maşini, cu sediul în Bucureşti, Calea Victoriei, 133, sector I, telefon 50.31.30 ; sau 59.71.35. Instituţiile pot achita abonamentele în contul de virament ICTCM, 30.16.7.01.01 B.N.—R.S.R., filiala sector IV sau prin mandat poştal la ICTCM, şos. Olteniţei, nr. 105, Bucureşti, sector 4, pentru revista „Construcţia de maşini". Tarif : 150 lei anual. Costul unui exemplar : 12,50 lei Index D.E.P. 41023

Tiparul : Tipografia „Ploieşti" str. Transilvaniei, nr. 29.

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ
pentru
INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

difuzează în anul 1988

materiale de informare despre realizări din țară și din străinătate privind preocupările actuale în domeniul construcțiilor de mașini, de ex.: programul energetic, valorificarea surselor proprii de materii prime, calitatea produselor, economisirea materiilor prime și reciclarea deșeurilor, productivitatea muncii etc.

Materialele sînt grupate în serii:

Simbolul	Denumirea seriei
	REALIZĂRI ALE CERCETĂRII ROMÂNEȘTI
RCM	Revista „Construcția de mașini"
ID	INFORMARE DOCUMENTARĂ asupra nivelului progresului tehnic pe plan mondial în industria construcțiilor de mașini
	Informări pentru cadre de conducere:
IDCM	Informare documentară în construcția de mașini
IDCM-C	Informare documentară în construcția de mașini — conjunctură
IDCM-E	Informare documentară în construcția de mașini-energie
IDCM-O	Informare documentară în construcția de mașini-organizare
IDCM-PM	Informare documentară pentru protecția muncii
	Informări pentru specialiști:
IDT	Informare documentară în turnătorii
IDTT	Informare documentară pentru tratamente termice
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări prin deformare plastică
IDS	Informare documentară pentru sudori
IDPP	Informare documentară pentru prelucrări la rece
IDCC	Informare documentară pentru calitate și control
IDMK	Informare documentară pentru prognoză și marketing
IDAR	Informare documentară pentru automatizare, robotizare
IDRC	Informare documentară privind reducerea consumurilor de materiale și energie

Simbolul	Denumirea seriei
	SINTEZE DOCUMENTARE privind **nivelul tehnic pe plan mondial** în industria construcțiilor de mașini
SID	Noutăți în diverse domenii
	REALIZĂRI ALE UNITĂȚILOR MICM
CO, CTN, CMA, CA, PTN, SE, CSSM, RSM, CES, CTO, CT	**Cataloage de fișe tehnice** de produse, tehnologii și mecanizări, automatizări autoutilări, SDV-uri Realizări deosebite, omologări standarde etc. Realizări în sudare **Echipamente de sudare** Produse tipizate, descrieri de tehnologii
	DOCUMENTE NORMATIVE
BI	**Buletinul intern MICM**
NT	**Normative tehnice**
LPCM, R	Liste de prețuri în construcția de mașini, reduse
ITC	Indicatoare tarifare de calificare
NPM	Normative și ghid de protecția muncii în construcția de mașini
	MATERIALE DOCUMENTARE **în ajutorul proiectării și al producției**
	CERCETĂRI COMPLEXE DE INFORMARE ȘTIINȚIFICĂ ȘI TEHNICĂ
CCIST-R și P	Cercetări retrospective și continui
SIDCM-A și B	Sistemul de informare documentară automatizat, pentru articole de revistă și brevete

CZ : 621.791.01

Influența tehnologiei de sudare cu fascicul de electroni asupra defectelor la sudarea unui aliaj de aluminiu pentru pistoane

Dr. ing. Dorin **DEHELEAN**, ing. Dan **COSTACHE** — Institutul de Sudură și Încercări de Materiale – Timișoara

Introducere

Incidența defectelor la sudarea cu fascicul de electroni este, în general, mult mai redusă decît în cazul altor procedee de sudare prin topire. Cu toate acestea, în anumite situații, pot să apară anumite defecte de sudare, dintre care cele mai des întîlnite sînt porozitatea, retasurile, fisurile și oscilațiile pătrunderii. Frecvența și mărimea defectelor de sudare depind de puritatea și natura metalului de bază, precum și de tehnologia de sudare utilizată.

În cadrul lucrării s-a studiat influența tehnologiei de sudare asupra defectelor, la sudarea unui aliaj de tip Al—Si, destinat fabricației de pistoane pentru motoare diesel.

Program experimental

Materialul de bază este un aliaj de tip AT Si 12 Cu Mg Ni a cărui compoziție chimică este prezentată în tabelul 1.

Experimentările preliminare de sudare au arătat că în suduri apar defecte frecvente de tip pori (fig. 2), defecte, de altfel, tipice și frecvente la sudarea aliajelor de aluminiu.

Cauza acestor defecte este, de obicei, legată de un conținut relativ mare de hidrogen în metalul de bază, respectiv de vaporizarea unor elemente de aliere.

Programul experimental a urmărit studierea posibilității de reducere a frecvenței și volumului de defecte prin alegerea corespunzătoare a parametrilor de sudare.

S-a apreciat că, dintre parametrii de sudare, influența cea mai mare o are viteza de sudare, care determină viteza de răcire a materialului topit, respectiv poziția focarului fasciculului de electroni, respectiv repartiția energiei fasciculului de electroni asupra piesei.

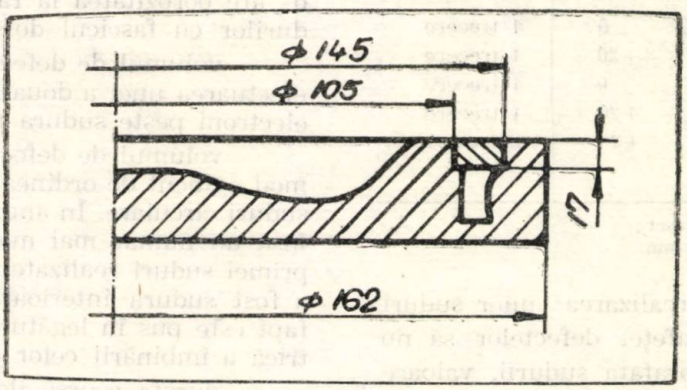


Fig. 1 Forma și dimensiunea probelor pentru sudare.

Sudurile s-au efectuat pe instalația de sudare cu fascicul de electroni ISFE—16, la I.F.I.N. București. Forma și dimensiunile pieselor utilizate pentru sudare sînt indicate în figura 1.

În tabelul 2 se indică regimurile de sudare utilizate, iar în figura 3 macrostructura unor suduri executate cu regimul nr. 4. Regimurile de sudare au fost alese astfel încît pătrunderea sudurii să fie de minimum 20 mm.

Compoziția chimică prescrisă a materialului de bază

Tabelul 1

Cu (%)	Si (%)	Mg (%)	Nn (%)	Ni (%)	Ti (%)	Al (%)
0,8 — 1,5	11,0 — 13,0	1,0 — 1,5	0,2 — 0,5	0,8 — 1,3	0,1 — 0,2	rest

Aprecierea defectelor de sudare s-a făcut prin determinarea în secțiune longitudinală a frecvenței defectelor, exprimată prin numărul de defecte raportat la suprafața sudurii, respectiv prin ponderea suprafeței acestor defecte, determinată ca raport dintre suprafața totală a defectelor și suprafața sudurii.

Fig. 2 Secțiune longitudinală prin sudură.

Regimurile de sudare testate

Tabelul 2

Nr. regim	Regim sudare				Observații
	U_a (kV)	I (mA)	V (m/min)	Poziție *) focar (mm)	
1	50	300	3,4	0	1 trecere
2	30	300	3,4	+20	1 trecere
3	50	150	1,7	0	1 trecere
4	50	140	1,0	+20	1 trecere
5	50	110	1,0	+20	2 treceri
	50	140	1,0		

*) 0 — focar la suprafața piesei ;
+20 — suprafocalizare + 20 mm.

S-a avut în vedere realizarea unor suduri la care ponderea suprafeței defectelor să nu depășească 1% din suprafața sudurii, valoare stabilită prin analiza defectelor la un număr de 8 piese de referință, care au avut comportare corespunzătoare în exploatare.

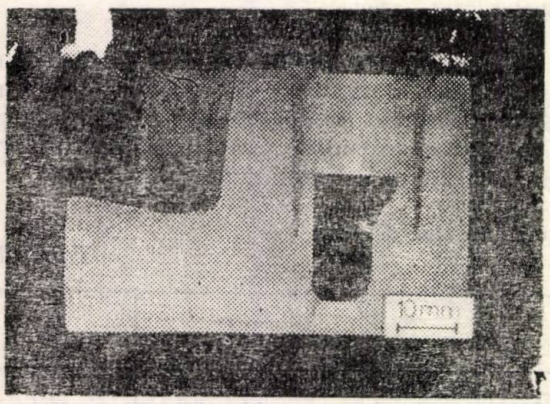


Fig. 3 Macrostructura sudurilor, regimul nr. 4.

Rezultatele obținute sînt indicate în tabelul 3. Au rezultat următoarele :

— viteza de sudare, variată într-un interval larg (1,0—3,4 m/min), nu influențează semnificativ volumul de defecte, ca atare este de presupus că defectele de sudare nu se datorează gazelor prezente în metalul de bază ;

— volumul de defecte este mai redus în cazul sudării cu o suprafocalizare a fasciculului de electroni față de suprafața piesei, concluzie în acord cu datele din literatură [1] :

Frecvența și volumul defectelor de sudare

Tabelul 3

Nr. regim	Pătrundere (mm)	Frecvență relativă defecte (1/mm²)			Pondere suprafață defecte (%)		
		Sudură interioară	Sudură exterioară	Globală	Sudură interioară	Sudură exterioară	Globală
1	20	0,54	4,01	2,60	2,5	5,4	4,18
2	20	0,08	0,17	0,13	0,12	0,32	0,23
3	20	2,39	0,17	1,10	4,19	0,83	2,23
4	26	2,42	0,01	1,02	0,76	0,02	0,33
5	27	0,90	0,82	0,85	0,18	0,15	0,16

— o pondere mare în suprafața defectelor o are porozitatea la rădăcină, defect tipic sudurilor cu fascicul de electroni nepătrunse;

— volumul de defecte poate fi scăzut prin efectuarea unei a doua treceri a fascicolului de electroni peste sudura propriu-zisă ;

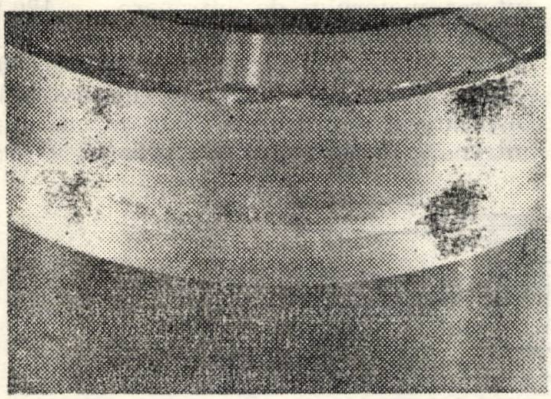
— volumul de defecte nu este influențat în mod evident de ordinea de sudare a celor două suduri circulare. În anumite cazuri s-a observat însă un număr mai mic de defecte în cazul primei suduri realizate, indiferent dacă aceasta a fost sudura interioară sau exterioară; acest fapt este pus în legătură cu imprecizia geometrică a îmbinării celor două piese de sudat ;

— durata scursă de la curățirea pieselor pentru sudare și pînă la sudare (care a variat între 1—21 zile) nu a afectat calitatea sudurilor;

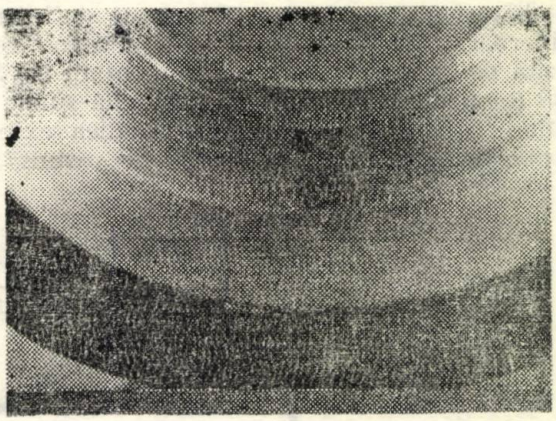
— dimensiunile defectelor sînt relativ reduse (suprafața medie 0,78 mm²) ; în cazuri singulare se observă defecte de dimensiuni mai mari (cu secțiune pînă la 19 mm²). Apariția lor poate fi pusă în legătură fie cu o neomogenitate de material, fie cu prezența unor impurități locale în îmbinare.

În figura 4 se prezintă secțiunile longitudinale prin două suduri realizate în regimul nr. 5 (a. sudură exterioară, b. sudură interioară).

Avînd în vedere cele de mai sus se recomandă realizarea sudării în următoarele condiții :



a



b

Fig. 4 Secțiune longitudinală prin sudură, regim nr. 5; a. sudură exterioară; b. sudură interioară.

— realizarea sudurilor în două treceri,

— regimul de sudare al primei treceri 50 kV × 110 mA × 1 m/min, suprafocalizare + 20 mm, distanță de tir 120 mm ;

— regimul de sudare al celei de a 2-a treceri 50 kV × 140 m A + 1 m/min, suprafocalizare + 20 mm, distanță de tir 120 mm ;

— ordinea de sudare : alternativ interior — exterior — interior — exterior sau exterior — interior — exterior — interior ;

— oprirea programată faasciculului de electroni, utilizînd programul de temporizare de durată maximă al instalației de sudare.

Concluzii

Defectele la sudarea cu fascicul de electroni a aliajului de tip AT Si 12 Cu Mg Ni pot fi influențate de tehnologia de sudare. Prin alegerea corespunzătoare a parametrilor de sudare și a condițiilor operatorii se poate asigura o scădere a volumului și frecvenței defectelor de sudare la valori acceptabile.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Sobisch, G.* : Elektronenstrahlschweissen von Aluminium und seinen Legierungen; ZIS — Mitteilungen, 1979, nr. 1, pag. 31—43.

[2] *Bondarev, A.A. ș.a.* : Zur Schweissbarkeit von Aluminiumgusslegierungen und zur Technologie des Els-schweissens von Kolben, ZIS — Mitteilungen, 1985/1 p. 50—71.

[3] *Anderl, P. ș.a.* : Elektronenstrahlschweissen von Aluminiumwerkstoffen, Trennen und Fügen, 1985, September, p. 44—49.

CZ : 621.791.754.037

Instalație pentru sudare subacvatică prin procedeul MIG/MAG cu uscare locală

Dr. ing. M. **NICA**, ing. A. **CÂMPUREAN**, ing. E. **ARITON**, ing. N. **CIOBANU**, ing. N. **NICA**, ing. S. **RIȚIU**, ing. M. **SOFRONIA**, ing. V. **ȘTEFAN** — Întreprinderea Metalurgică Română pentru Aeronautică — București

Ing. M. **CANTATRAGIU**, ing. Mariana **OLARU** — Centrul Hiperbaric Constanța

Efectuarea reparațiilor navelor (fără scoaterea lor în docuri uscate) și exploatarea și valorificarea resurselor de țiței marine au condus la proiectarea și realizarea unor instalații imerse care sînt destinate să funcționeze într-un mediu ce, prin natura sa agresivă, duce frecvent la perturbări care impun intervenții pentru reparații la fața locului [1, 2].

Structurile imerse au o natură foarte diversă : platforme de foraj și exploatare, baraje de pozare sau de intervenții, capete de puț, risere și rețele submarine de conducte pentru transportul petrolului sau gazelor.

Dezvoltarea rapidă a procedeelor de sudare sub apă, care a însoțit dezvoltarea tehnologiilor de scufundare în ultimii ani, a venit în întîmpinarea acestei cerințe, existînd în momentul de față o multitudine de metode de îmbinare prin sudare sub apă [1, 3, 4].

Pornind de la necesitatea efectuării a numeroase suduri în condiții de imersiune, îndeosebi în mediu marin, au fost demarate și în țara noastră o serie de cercetări destinate realizării

unor echipamente de sudare adecvate [4, 5]. Dintre acestea, obiectul lucrării de față e constituit de instalația pentru sudare subacvatică cu uscare locală, recent realizată în urma unei colaborări dintre I.M.R.A. București și Centrul Hiperbaric Constanța [5]. Instalația a fost realizată pe baza unei surse de alimentare tip SR 630 (se poate utiliza însă oricare altă sursă de sudare MIG/MAG avînd caracteristica exterioară rigidă) și a unui dispozitiv de avans al

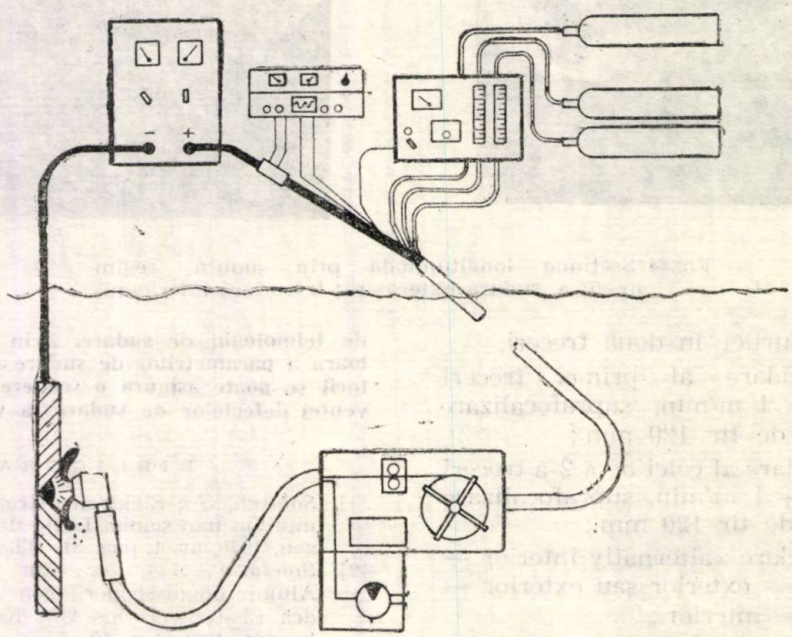


Fig. 1 Schema-bloc a instalației.

sîrmei-electrod de tip SA 630, prin adaptarea acestor echipamente standard la condițiile deosebit de dificile ale sudării hiperbarice [4].

Principiul de funcționare este cel al sudării MIG/MAG cu viteză de avans constantă, utilizînd autoreglarea arcului electric în vederea stabilirii regimurilor de sudare.

Uscarea locală se asigură cu ajutorul a două perdele concentrice, de aer (la interior) și respetiv de apă (la exterior) sub presiune. Valorile presunilor celor două fluide s-au determinat în mod experimental.

În componența instalației de sudare subacvatică MIG/MAG cu uscare locală, se întîlnesc următoarele subansamble (fig. 1) :

— dispozitivul de avans al sîrmei ;
— capul de sudare subacvatică;
— încălzitorul de gaz ;
— sursa de alimentare.

Dispozitivul de avans al sîrmei este o variantă modificată a dispozitivului SAM 630, avînd următorele caracteristici tehnice :

— tensiunea de alimentare ..... 42 V c.c. și 2×20 V c.c. ;
— viteza de avans a sîrmei ..... 1,2÷18 m/min. ;
— diametrul sîrmei electrod ..... 1,2÷2,4 mm;
— reglajul vitezei ..... continuu;
— tipul antrenării ..... în tandem, 2 perechi role ;
— puterea motorului de antrenare ..... 120 W;
— clasa de izolație ..... F ;
— gabarit ..... ∅ 500×800 ;
— masa ..... aproximativ 48 kg.

Dispozitivul se compune dintr-un mecanism de antrenare realizat cu două perechi de role (una de antrenare și una de presare) care lucrează în tandem, asigurînd o presare uniformă și îndreptarea sîrmei electrod (fig. 2).

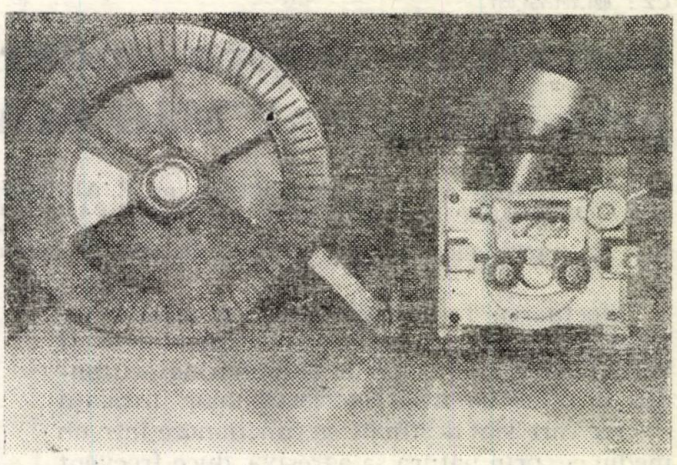


Fig. 2 Mecanismul de avans al sîrmei-electrod.

Este interesant de observat că brațele suport ale rolelor presoare sînt apăsate prin intermediul unui arc, ceea ce permite compensarea eventualelor neregularități rezultate din

bobinarea sîrmei electrod pe tambur, asigurînd o antrenare uniformă, fără șocuri.

Forța minimă de antrenare (de la repaus la viteza maximă) este de 100 N în conformitate cu prevederile STAS 11249—84.

Rolele de antrenare sînt prevăzute cu un canal de ghidare striat (randalinat). Rolele sînt izolate din punct de vedere electric față de axe și sînt solidare cu roțile dințate conduse ale unui reductor cu roți cilindrice, cu două ieșiri, al cărui raport de transmitere este de 1 : 1,5. Rolele presoare sînt realizate din doi rulmenți dispuși pe brațele suport și izolați electric față de acestea prin intermediul unor bucșe și șaibe izolante.

Izolarea rolelor față de restul mecanismului este făcută în scopul evitării scurt-circuitării dintre sîrma-electrod și masa generală a dispozitivului de avans sîrmă.

Antrenarea reductorului cilindric de tip deschis (fără carcasă) se face prin intermediul unui motoreductor de tip MSAR produs de Intreprinderea „Electrotehnica" București. Acesta are următoarele caracteristici tehnice :

— tensiunea de alimentare ..... 42 V c.c.;
— curentul absorbit de indus ..... max. 4 A;
— curentulabsorbit de excitație ..... max. 0,8 A;
— puterea utilă ..... 150 W;
— turația motorului, maxim ..... 5000 rot/min.;
— tipul reductorului ..... melcat;
— raportul de transmisie ..... 1 : 30

Funcționarea dispozitivului de avans al sîrmei-electrod este asigurată de o instalație electrică care cuprinde trei plăci electronice, o serie de relee și electroventile.

Placa de comandă secvențială (fig. 3) asigură frecvențele necesare sudării subacvatice MIG/MAG, respectiv pornirea aerului și a apei pentru asigurarea perdelelor de uscare, por-

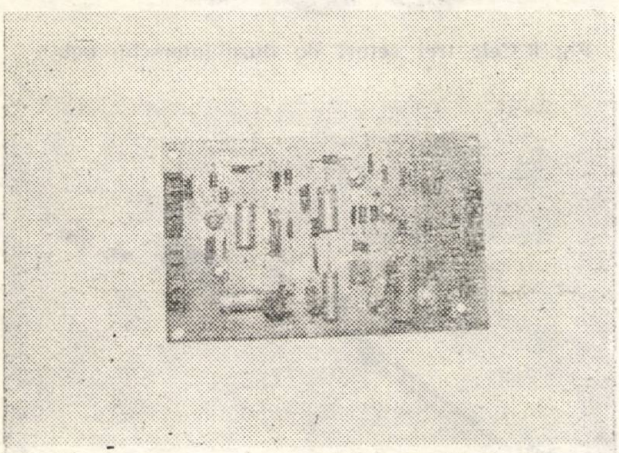


Fig. 3 Placa de comandă secvențională.

nirea gazului de protecție și a sursei de sudare și pornirea sîrmei electrod, respectiv oprirea acestora în secvență inversă.

Placa variator (fig. 4) conține un dispozitiv electronic variator cu tranzistoare de putere, prevăzut cu reacție de tensiune și limitare de

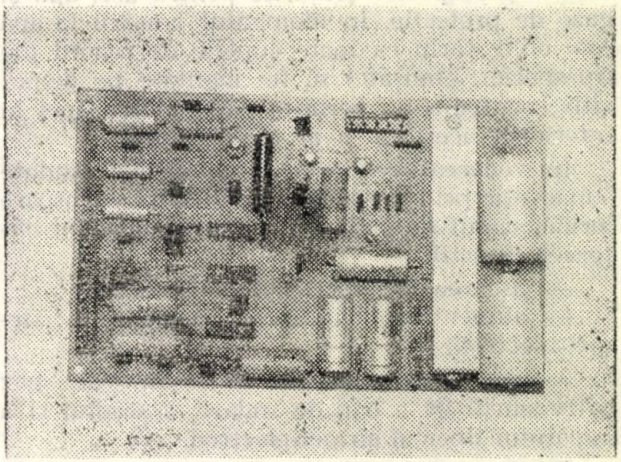


Fig. 4 Placa variatorului de turație.

curent cu ajutorul căruia se realizează alimentarea indusului motorului cu tensiunea variabilă cerută de diversele regimuri de sudare.

Pe placa stabilizator (fig. 5) este plasat un montaj electronic care are rolul de a asigura redresarea tensiunii alternative și de a permi-

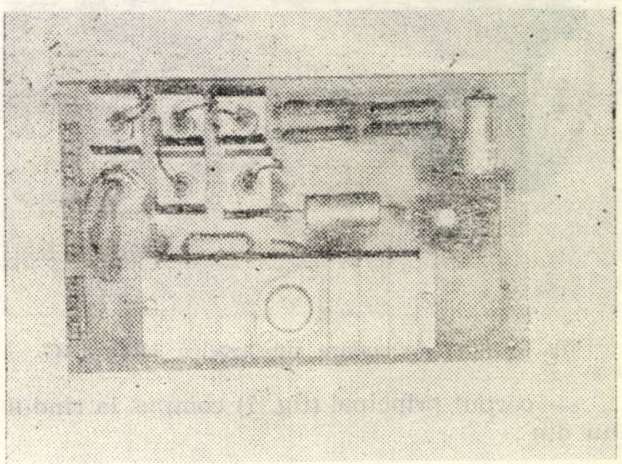


Fig. 5 Aspectul plăcii stabilizatoare.

te funcționarea la tensiuni de alimentare care variază cu $\pm 10\%$, avînd abaterea parametrilor de max. $\pm 3\%$.

Mecanismul de antrenare și instalația electrică sînt montate pe un cadru pe care se află și suportul de frînă al tamburului de sîrmă. Frîna are rolul de a nu permite desfășurarea sîrmei de pe tambur, la întreruperea procesului de sudare. Întregul ansamblu este introdus într-un recipient din oțel inoxidabil realizat din tablă cu o grosime de 3,5 mm. Cadrul suport este solidar cu capacul recipientului, pentru a permite o schimbare cît mai rapidă a tamburului de sîrmă și o eventuală intervenție la instalația electrică în cazul unor defecțiuni.

Pe capacul care etanșează frontal cu inele de tip „0" incinta recipientului, sînt dispuse toate cuplele de racord cu sursa din capul de sudare și respectiv ștuțurile pentru aer, apă și gaze de protecție. În momentul lansării la apă este obligatoriu ca toate cuplele de racord (de tip special, etanșate) să fie montate pe dispozitiv, pentru a nu permite pătrunderea apei în interiorul acestora și al recipientului.

În vederea realizării îmbinărilor sudate subacvatic prin procedeul MIG/MAG cu uscare locală, capul de sudare [4] îndeplinește următoarele funcții :

— uscarea locală a pieselor de sudat ;

— alimentarea cu curent de sudare a sîrmei-electrod;

— realizarea protecției în mediu de gaz activ sau inert a băii de sudare, a arcului și a capătului liber al sîrmei-electrod.

După cum rezultă din figura 6, capul de sudare al modelului experimental utilizat se compune din următoarele subansamble și repere :

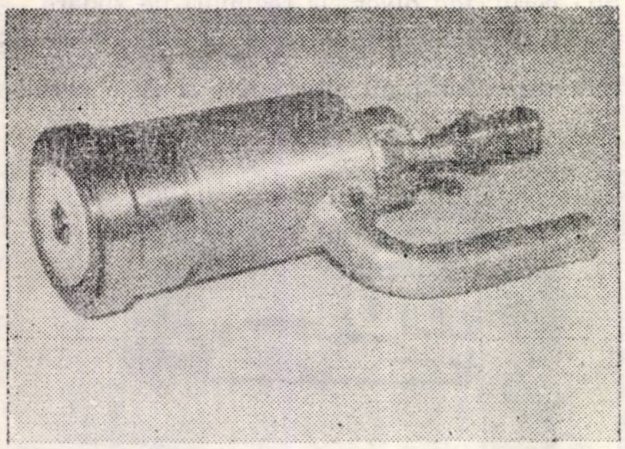


Fig. 6 Capul de sudare subacvatică MIG/MAG.

— corpul principal (fig. 7) compus la rîndul lui din :

— cameră de gaz de protecție;
— cameră aer;
— cameră apă;
— racord aer;
— racord apă;

toate aceste repere fiind realizate din duraluminiu și îmbinate prin sudare.

În vederea bunei funcționări a capului de sudare s-au prevăzut 3 seturi de duze interschimbabile (fig. 8) și anume :

— duză gaz izolator;
— izolator;
— duză aer;
— duză apă.

Sistemul de conducere și alimentare cu curent a sîrmei electrod (fig. 9) și de alimentare cu gaz de protecție conține următoarele subansambluri :

— piesă de contact interschimbabilă în funcție de diametrul sîrmei-electrod ;

— piesă de alimentare cu curent și gaz;

— izolator ;

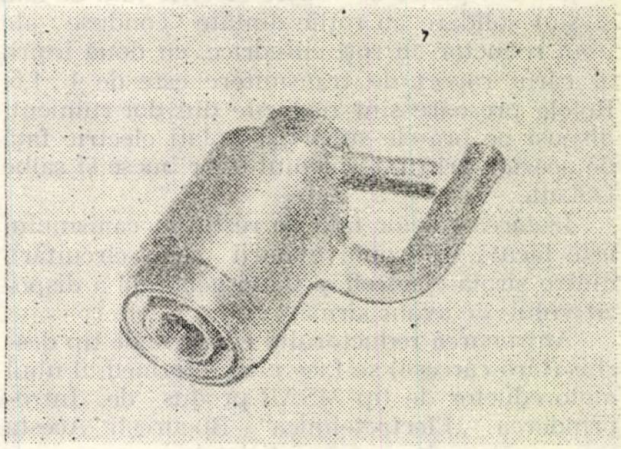


Fig. 7 Aspectul corpului principal al capului de sudare.

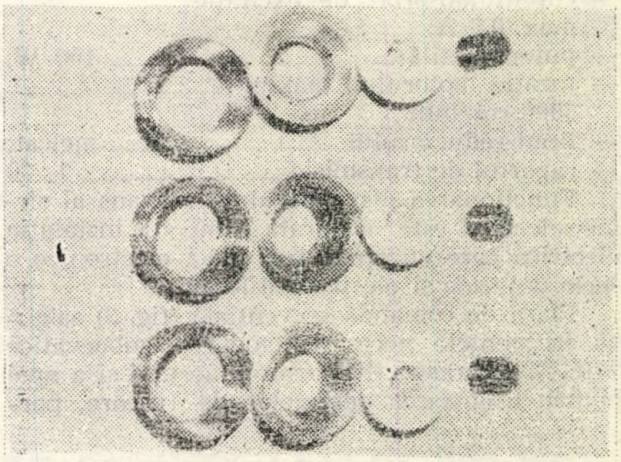


Fig. 8 Cele trei seturi de duze interschimbabile.

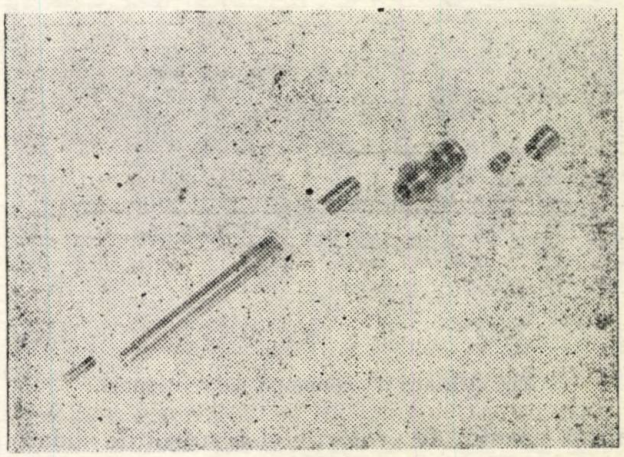


Fig. 9 Sistemul de conducere/alimentare cu curent a sîrmei-electrod și alimentare cu gaz protector.

— racord de curent și gaz ;
— piuliță de presare ;
— bucșă conică.

Mînerul capului de sudare este prevăzut cu un microîntrerupător pe bază de traductor Hall.

Mănunchiul de furtunuri și cabluri al capului de sudare conține în interiorul unui furtun de cauciuc următoarele :

— tubul de ghidare a sîrmei-electrod ;
— cablul de tresă pentru alimentare cu curent ;
— furtunul gazului de protecție ;
— furtunul pentru aerul comprimat ;
— furtunul pentru apă ;
— un cablu trifilar al circuitului de comandă.

Între capătul furtunelor capului de sudare și dispozitivul de avans se găsește un racord etanș de curent și gaz protector.

Datorită condițiilor specifice de imersiune, reductorul folosit este de tip cu membrană și manometre cu buton, etanșat special pentru lucrul la o adîncime de maximum 100 m, ceea ce corespunde unei presiuni maxime de lucru de 10 bar. Încălzitorul este compus dintr-un corp paralelipipedic perfect, care are dispuse pe cele patru fețe elemente de încălzire cu rezistență. Întregul ansamblu al încălzitorului este dispus într-o cutie etanșă.

Pentru verificarea perdelelor de protecție, au fost încercate în cuvă toate cele trei sisteme de duză cu care este dotat capul de sudare, utilizînd apă sub presiune pentru perdeaua de apă și anume cu o presiune $\Delta_p = 2$ bar.

S-a observat că la un interstițiu mai mic de 0,4 mm perdeaua de apă se scurge. De aceea este necesar a se păstra sistemul de reglare cu filet al interstițiului. Toate cele trei sisteme au dat perdele de protecție cu apă corecte, Pentru perdeaua de protecție cu aer, s-au folosit presiuni cuprinse între 1—4 bar. S-a observat că perdeaua (fusta) de aer este corectă și că nu sparge perdeaua de apă în intervalul de presiuni menționate.

Pentru gazul de protecție s-au folosit debite cuprinse între 15—60 l/min. Nu s-a observat alterarea perdelelor de protecție.

Exerimentările privitoare la asigurarea uscării locale au fost făcute pe o tablă dreaptă la o adîncime de 0,25 m. S-a observat că uscarea cea mai corectă a zonei de sudare o asigură sistemul de duze II, avînd unghiul pentru firul mediu de ieșire a apei de 35°C.

Și celelalte două sisteme de duze au dat rezultate satisfăcătoare, urmînd a fi păstrate în vederea experimentărilor de sudare la mare adîncime, unde condițiile de transfer al picăturilor de metal topit diferă mult de cele de la suprafață [3].

Sudurile în cuvă au fost executate cu sistemul de duze II, deoarece după cum s-a precizat anterior au asigurat protecția cea mai bună. S-a constatat că după încetarea procesului de sudare, zona a rămas protejată față de acțiunea apei, în timp ce, la înlăturarea bruscă a capului de sudare, s-a produs o răcire bruscă a cordonului cu degajare violentă de vapori de apă.

S-au extcutat suduri cap la cap, pe table de oțel cu grosimi de pînă la 15 mm, cu rostul prelucrat în „V", și de colț, prin suprapunere pe aceleași tipuri de tablă. S-a constatat o lipsă a protecției rădăcinii cordonului sudat, în cazul sudării cap la cap, prin apariția unui volum mare de sufluri și pori în zona respectivă. Cercetările viitoare își propun să rezolve și problema protecției rădăcinii îmbinărilor.

În cazul sudurilor de colț prin suprapunere, care fac de cele mai multe ori obiectul intervențiilor pentru reparații subacvatice, s-a constatat o protecție corectă și performanțe corespunzătoare.

Analizînd probele de sudare executate s-au tras următoarele concluzii :

— este necesară utilizarea unor sîrme cu diametrul mare (peste 1,6 mm), care să asigure un curent mare de sudare, necesar pentru îmbunătățirea transferului de picături în condiții de presiune ridicată ;

— utilizarea sîrmelor tubulare dă rezultate mai bune decît a sîrmelor pline ;

— nu se poate utiliza ca gaz de protecție bioxidul de carbon pur, datorită marii lui solubilități în apă, ci numai în amestec cu argon;

— la utilizarea argonului pur ca gaz de protecție s-au obținut cele mai bune rezultate;

— lungimea liberă optimă a sîrmei electrod este cuprinsă între 15—20 mm ;

— tensiunea de sudare optimă este cuprinsă între 38—40 V ;

— curentul de sudare optim este cuprins între 300—400 A, valoarea optimă determinată experimental fiind de 350 A.

Experimentările de sudare subacvatică în condiții reale s-au făcut în portul Constanța, de la bordul navei de cercetare „Grigore Antipa", în colaborare cu scafandrii de la UM 02145 Constanța.

Probele de sudat au fost coborîte împreună cu scafandrul prin intermediul unei nacele la adîncimea de 3 m, unde s-a efectuat sudarea lor. S-au executat suduri cap la cap și de colț, prin suprapunere pe table cu grosimea de 10 mm, din oțel cu granulație fină. În urma examinării vizuale, precum și a analizării macro și micro-structurale (figurile 10, 11, 12, 13) s-au constatat următoarele :

— utilizarea bioxidului de carbon pur ca gaz de protecție nu dă rezultate din motivele menționate anterior ;

— dispozitivul nu asigură o protecție corespunzătoare pentru rădăcina cordonului sudat ;

— s-au obținut rezultate bune la executarea sudurilor de colț prin suprapunere, folosindu-se ca gaz de protecție argonul tip A.

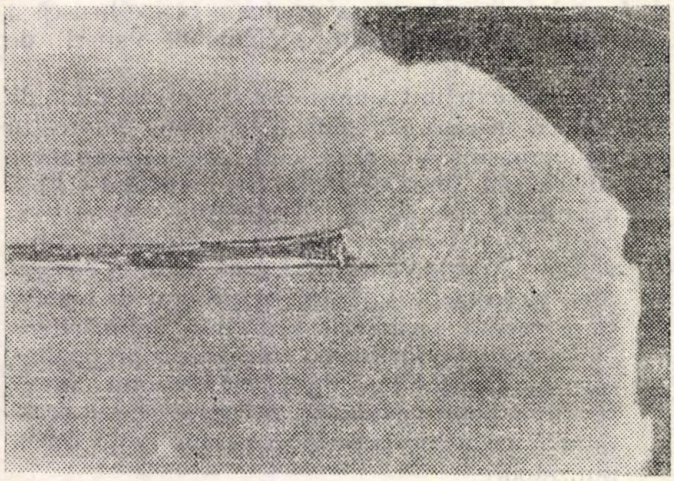


Fig. 10 Aspectul macroscopic al zonei sudate (se observă zona materialului depus în ZIT).

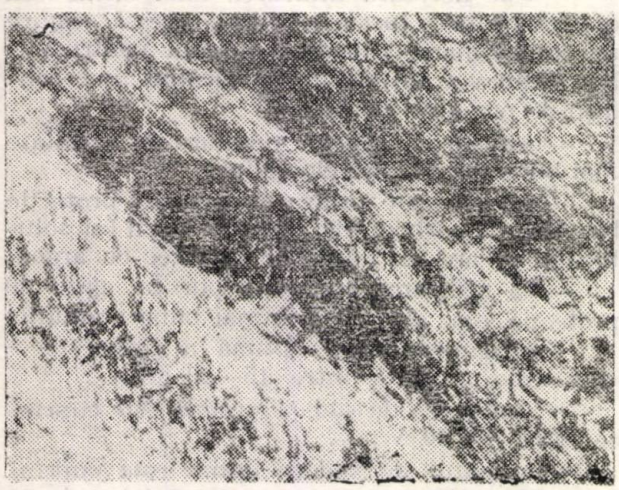


Fig. 11 Aspectul macroscopic al metalului depus.

Fig. 12 Zona de contact dintre materialul depus și MB.

În **concluzie** cercetările urmează a fi continuate cu scopul îmbunătățirii sistemului de protecție pentru rădăcina sudurii și testării posibilităților de a utiliza diverse amestecuri de gaze de protecție.

Se preconizează, de asemenea, continuarea cercetărilor în direcția stabilirii tehnologiilor optime de sudare la diferite adîncimi, precum și a automatizării procesului de sudare, în cazul conductelor tubulare pentru transportul petrolului și a gazelor naturale de la platformele de foraj și exploatare la țărm.

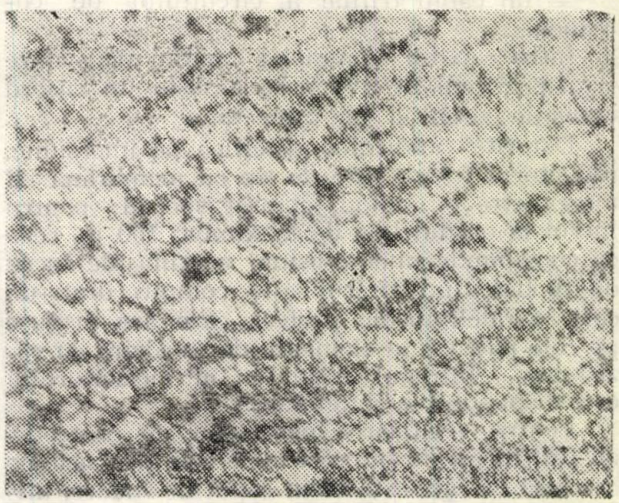


Fig. 13 Zona parțial influențată termic.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Coriatt, G.*: Soudage dans la réparation et l'entretien des structures offshore. In: Soudage et Techniques Connexes, 11—12, 1978.

[2] *Atsushi, H.*: On Underwater submerged arc welding. In: Transaction of the Japan Welding Society vol. 11, nr. 1, pp. 101—105.

[3] *Soare, D.*: Sudarea sub apă — calitatea sudurilor realizate prin procedeul umed cu electrozi înveliți. In: Buletinul Tehnic RNR, anul 9, nr. 1, 1985, pp. 26—31.

[4] *Soare, D., Joni, N.*: Utilizarea procedeelor semimecanizate cu uscare locală la sudarea sub apă. În: Lucrările Consfătuirii RNR pe tema „Materiale, sudare control, containere" Tulcea 10—12 octombrie 1985 Publicată în „Construcția de Mașini" nr. 11, vol. 39, 1987, pp. 527—53.

[5] *Soare, D., Maltopol, P., Opreanu, M.*: Procedeu semimecanizat de sudare sub apă cu uscare locală. În: Buletinul Tehnic RNR, anul 8, nr. 4, 1984.

[6] *Pisarski, H.G., Pargeter, R.J.*: Fracture toughness of HAZs in steels for offshore structures. In: Metal Construction, vol. 16 No. 7 July 1984, pp. 412—418.

[7] *Still, J.R., Rae, G.*: Laybarge inspection of submarine pipelines. In: Metal Construction vol. 16 No. 5 May 1984, pp. 268—275.

CZ : 621.791.011

Îndreptarea carcaselor metalice după sudare cu ajutorul electromagneților

Ing. Francisc **TUSZ** — Întreprinderea de vagoane Arad

Deformările prin sudare ale carcaselor metalice

Odată cu introducerea sudării au apărut și fenomene însoțitoare : contracții, tensiuni și fisuri în construcții sudate. Practic nu este posibil să se realizeze construcții sudate fără deformații.

Deformațiile și tensiunile care apar în timpul sudării sînt cauzate de încălzire-răcire locală, dilatare contracție, deformații elastico-plastice. Aceste deformații îngreunează realizarea construcțiilor sudate, iar îndreptarea lor necesită manoperă suplimentară.

La încălzirea și răcirea uniformă a unei piese, astfel ca dilatarea și contracția să se producă liber în toate direcțiile, piesa finală nu prezintă deformații și nu are nici o tensiune remanentă. Acest lucru este imposibil de respectat, la realizarea construcțiilor sudate, știut fiind că o îmbinare sudată se obține prin încălzirea parțială a pieselor pînă la temperatura de topire a metalului respectiv. Dacă încălzirea neuniformă a pieselor sudate nu ar depăși limita de elasticitate, fenomenul ar fi reversibil, deci nu ar apărea deformații permanente, respectiv tensiuni ; însă în acest caz nu se realizează cordonul de sudură, deoarece la această temperatură nu se topește metalul de bază și nici metalul de adaos.

Din cauza neconsumării totale a energiei calorice iau naștere tensiuni. Astfel, putem spune că există o relație între deformații și tensiuni interne. Exprimînd această teorie matematic, putem arăta că între aceste două mărimi există o proporționalitate inversă.

$$\Delta l \times \sigma_e = 1 \qquad (1)$$

unde

Δl = contracția (deformația) ;

σ_e — tensiuni interne,

cu alte cuvinte, dacă prin unele măsuri împiedicăm deformațiile cauzate de sudură, mărim tensiunile interne prin neconsumarea totală a energiei termice și invers.

De aici rezultă că, în primul rînd, trebuie să reducem cantitatea de căldură necesară realizării îmbinărilor, iar o problemă tehnologică este dirijarea transferării energiei termice în deformații și tensiuni astfel ca raportul lor să fie optim.

Deformațiile și tensiunile depind de :

— felul și gradul de încălzire, mai ales de raportul dintre cantitatea de căldură introdusă și cea cedată prin conducție. La table subțiri acest raport este mare, deci deformațiile sînt apreciabile ;

— caracteristicile fizice și metalurgice ;

— rigiditatea elementelor constructive.

Deformațiile pot fi elemenare, locale, sau totale și se manifestă prin contracția ansamblelor.

Contracțiile sînt :

— transversale ;

— **longitudinale ;**

— unghiulare. (B 2)

În cazul executării unui cordon liber, piesele în timpul sudurii se comportă conform figurii 1.

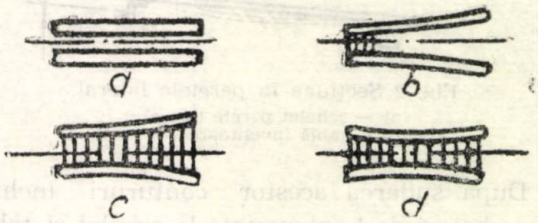


Fig. 1 Comportarea pieselor în timpul și după sudare
a) — înainte de sudare ;
b) — la începutul sudării ;
c) — după sudare ;
d) — după răcire.

Deci, contracția transversală se manifestă la sudarea tablelor printr-o deformație unghiulară. Okesblom a încercat să exprime contracția transversală printr-o funcție matematică :

$$\Delta b + k \frac{q_1}{S} n^{0,9} \text{ [cm]} \qquad (2)$$

unde :

Δb = contracția transversală [cm] ;
k = coeficientul de corecție a cordonului ;
q_1 = energie liniară [cal/s] ;
S = grosimea materialului [cm] ;
n = numărul de straturi.

Contracția longitudinală apare în direcția cusăturii și produce scurtarea ei. Baia lichidă are tendința să lungească cusătura. Zonele învecinate mai puțin calde împiedică această dilatare, ceea ce conduce la tensiuni de contracție la răcire. La table subțiri se formează ondulații în vecinătatea cusăturii.

Pereții laterali ai vagoanelor sînt construcții sudate din profile ușoare îndoite sau trase și table subțiri (max. 2,5 mm). Scheletul peretelui este construit din profile „Z", „L" și „Ω" care formează niște module dreptunghice. Acest schelet modulat se așează și se sudează pe tabla care formează învelișul exterior al carcaselor vagoanelor.

Cordoanele de sudură formează contururi închise (fig. 2).

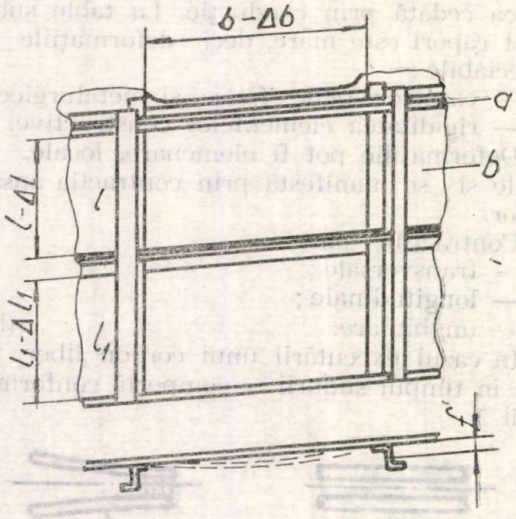


Fig. 2 Secțiune în peretele lateral.
a) — schelet perete lateral ;
b) — tablă învelitoare.

După sudarea acestor contururi închise, apar abateri de la planeitate la schelet și tablă, ca rezultat al contracției metalului depus prin sudare (Δb, Δl, Δl_1). Fibrele vecine sudurii nu sînt influențate de fenomenul de contracție, deci ele vor avea lungimi mai mari (l, l_1, b) față de fibrele contractate ($l - \Delta l$, $l_1 - \Delta l_1$, ; $b - \Delta b$). Ca urmare a acestor modificări structurale, în aceste zone apar tensiuni de compresiune, tabla își pierde stabilitatea și apare bombarea tablelor, valoarea acestor deformații ajunge la $f = 6—10$ mm ceea ce dă un aspect necorespunzător carcaselor vagoanelor. Conform fișelor de măsurări la planeitatea tablei, trebuie să asigurăm o abatere de maximum 1,5 mm/metru liniar. Această valoare este foarte greu de obținut, chiar și atunci cînd se respectă cu strictețe tehnologia de pregătire și execuție a acestor structuri sudate.

Procedeele de îndreptare după sudură a carcaselor

Îndreptarea curburilor și denivelărilor datorate operațiilor de sudare se poate realiza pe două căi :

a) alungirea cusăturii sudurii prin laminare;

b) contractarea suprafeței tablei în zona curburii (bombării).

Lungirea cusăturii prin laminare la carcasele vagoanelor este practic imposibil de realizat. Toate procedeele de îndreptare se bazează pe contractarea (micșorarea) suprafeței tablelor acoperitoare. Clasificarea acestor metode de îndreptare este prezentată în tabelul 1.

Îndreptare cu flacără oxi-gaz. Tabla, în zonele cu curburi (bombări), se încălzește cu flacără oxi-gaz (de obicei oxi-acetilenic) punctiform din interior și din exterior; se răcește cu un jet de apă. Punctele încălzite înainte de

Metode de îndreptare care se bazează pe contractarea suprafețelor

Tabelul 2

Nr. crt.	Denumirea metodei	Sursă de energie	Elementul prin care se transmite căldura	Alte elemente ajutătoare
1	Îndreptarea cu flacără	chimică	arzător (pistolet) oxi-gaz	— jet de apă
2	Îndreptarea cu arc electric	electrică	electrod fuzibil	— jet de apă
			electrod nefuzibil (de cărbune)	— jet de apă
3	Îndreptare cu placă vacuumetrică	electrică + chimică	arzător oxi-gaz	— pompă de vid — placă vacuumetrică
4	Îndreptare cu electromagneți	electrică + chimică	arzător oxi-gaz	— sursă de curent continuu — electromagnet — plăci găurite
5	Îndreptare cu electromagneți	electrică	pistolet cu curenți de înaltă frecvență	— sursă de curent continuu — generator CIF

răcire cu apă, în funcție de partea pe care se umflă din cauza căldurii, se îndreaptă cu ciocan de lemn.

Acest procedeu nu este de loc productiv, deoarece sînt necesari cel puțin doi muncitori pe ambele părți ale tablei. Cel care încălzește trebuie să fie specialist cu o experiență vastă, deoarece o încălzire imprecisă poate deforma și mai rău tabla. Din cauza răcirii cu apă, suprafața exterioară se oxidează repede. Locurile încălzite vor prezenta deformații punctiforme de diferite diametre între ∅6—10 mm ce nu se pot elimina. Aspectul exterior al carcaselor suferă estetic datorită acestora, chiar și după vopsirea lor.

Îndreptarea cu arc electric cu electrod învelit. Este foarte asemănătoare cu cea prezentată mai sus, cu deosebirea că acțiunea flăcării oxigaz este înlocuită cu un arc electric al unui electrod învelit. Încălzirile se repartizează punctiform, în linie dreaptă sau sinusoidală. Din cauza tensiunilor de contracție în tablă, în momentul încălzirii, locurile încălzite sînt împinse spre exterior (fig. 3). Valoarea acestor deformații ajunge pînă la 0,5—1 mm, ceea ce nu se poate elimina și dă un aspect neplăcut suprafeței îndreptate după vopsire.

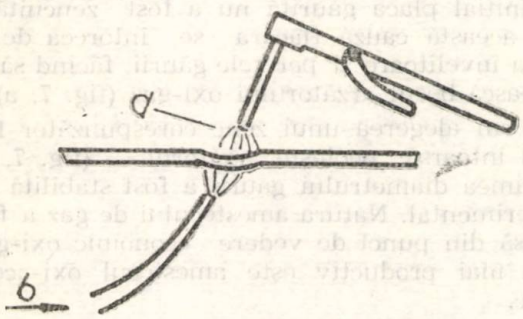


Fig. 3 Încălzire cu arc electric.
a) — arc electric ;
b) — apă.

Pe lîngă acest dezavantaj, din cauza folosirii arcului electric din interior, în plus, pe alocuri se subțiază tabla aparînd focare de coroziune intensă.

Îndreptarea cu arc electric cu electrozi de cărbune. Procedeul se deosebește de cel prezentat mai sus prin aceea că în locul electrozilor înveliți se folosesc electrozi de cărbune de ∅8—12 mm ; calitatea îndreptării se îmbunătățește astfel deoarece electrodul de cărbune nu depune material pe locurile unde se produc încălziri locale în interiorul carcaselor pe tablele deformate după operațiunile de sudare.

Îndreptarea cu placă vacuumetrică și încălziri locale. Principiul metodei constă în așezarea unei plăci de dimensiuni 1×1 m din exterior pe tabla carcaselor placa fiind prevăzută pe margini cu garnituri de cauciuc. Se creează o depresiune cu o pompă de vid între placă și tablă, care se îndreaptă întinzîndu-se pe o porțiune de cadru închis format dintre stîlpi și întăriturii (fig. 2); surplusul relativ de tablă se materializează prin ridicături de diferite mărimi și înălțimi. Eliminarea lor se execută tot prin încălziri locale. Aceste încălziri se aplică în jurul poalelor dealurilor născute în urma realizării depresiunii, cu încălziri locale punctiforme cu flacără oxi-gaz. Calitatea îndreptării este net superioară metodelor prezentate anterior, însă necesită cadre specializate care sînt, din punct de vedere profesional, foarte bine pregătite.

Îndreptarea carcaselor vagoanelor de călători, după sudare, cu ajutorul electromagneților

Principiul metodei. Din capitolele precedente rezultă că singura metodă eficientă de a elimina deformațiile tablelor învelitoare (după sudare) ale carcaselor vagoanelor este metoda contractării acestora. Totodată am urmărit o soluție a cărei aplicare să nu reclame specialiști, fiindcă sînt foarte puțini cei care cunosc teoretic și practic efectele încălzirilor locale. De aici a rezultat soluția presării tablelor învelitoare între un electromagnet și o placă găurită.

Aceasta constă în aplicarea din exterior pe tabla învelitoare — pe care vrem să o îndreptăm — a unui electromagnet de dimensiunile 1×1 m (fig. 4), iar din interior a unei plăci cu

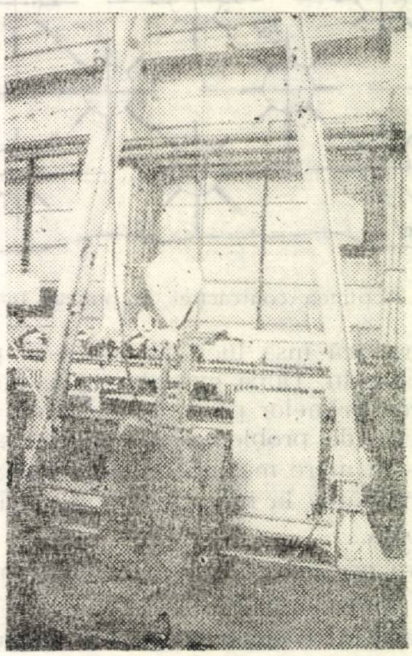


Fig. 4 Electromagnetul.

găuri. După conectarea electromagnetului la sursă, acesta atrage placa găurită, călcînd în același timp tabla învelitoare. Surplusul de

metal rezultat în urma deformațiilor iese sub formă de dealuri mici prin găurile plăcii (fig. 5).

În continuare se pare că problemele sînt rezolvate. Prin încălziri locale punctiforme în găuri, care se pot realiza numai cu flacără

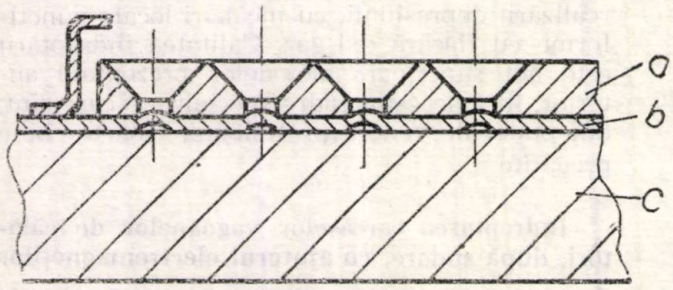


Fig. 5 Călcarea tablei între placă și electromagnet.
a) — placă găurită ;
b) — tabla peretelui lateral ;
c) — electromagnet.

oxi-gaz (cu electrozi înveliți nu merge din cauza magnetismului), se realizează contractarea zonei încălzite și astfel dispar dealurile mici punctiforme. Tensiunile de contracție existente în tabla deformată sînt anihilate de forța de strîngere a electromagnetului. Încălzirile locale punctiforme dau naștere la tensiuni de contracție care întind tabla (fig. 6).

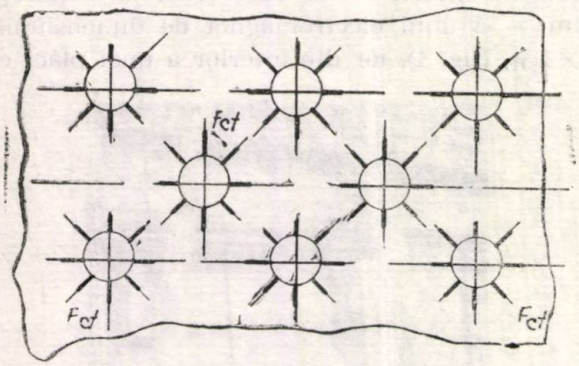


Fig. 6 Acțiunea contracției la puncte încălzite.

În practică însă lucrurile nu s-a petrecut atît de simplu. După executarea instalației și efectuarea primelor probe tehnologice, au apărut o serie de probleme, de rezolvarea cărora a depins în mare măsură reușita acestei încercări, care părea la început simplă, dar prea îndrăzneață.

Dintre aceste probleme, le menționăm pe cele mai importante :

— dacă între electromagnet și tabla învelitoare a peretelui se introduce o placă de azbest, sau alt material izolator termic, pentru a reduce supraîncălzirea electromagnetului;

— dacă tabla învelitoare se răcește din interior cu apă sau aer;

— flacăra să fie oxi-gaz sau oxi-acetilenic;

— distanța dintre găurile plăcii de îndreptare ;

— mărimea găurilor și distanța dintre ele este funcție de grosimea tablei sau mărimea deformației;

— forma și dimensiunile zencului în placa de îndreptare;

— dacă există o schemă specială de încălzire (ordinea încălzirilor);

— la ce temperatură se încălzește tabla de îndreptat;

— mărimea arzătorului folosit la încălzire;

— unde are efect mai mare metoda : la suprafețe mari sau la suprafețe mici.

Iată cum de la nașterea ideii de îndreptare cu electromagnetul și pînă la aplicarea ei pe scară industrială, la cîte întrebări a trebuit să găsim răspuns și acest lucru nu a fost deloc ușor.

De la începutul experimentării metodei, am constatat că răcirea cu apă sau aer a tablei din interior (exterior nu este posibil din cauza electromagnetului) nu are efect pozitive asupra planeității, din contră creează probleme la dirijarea flăcării în locașurile (găurile) respective.

Inițial placa găurită nu a fost zencuită și din această cauză flacăra se întorcea de pe tabla învelitoare și peretele găurii, făcînd să se topească becul arzătorului oxi-gaz (fig. 7, a).

Prin alegerea unui zenc corespunzător flacăra întoarsă ocolește arzătorul — (fig. 7, b). Mărimea diametrului găurii a fost stabilită tot experimental. Natura amestecului de gaz a fost aleasă din punct de vedere economic oxi-gaz. Însă mai productiv este amestecul oxi-acetilenic.

Distanța dintre găurile plăcii de îndreptat s-a stabilit experimental; ea este funcție de mărimea deformațiilor. Am constatat că această distanță este mai bine să fie mai mică decît cea optimă, fiindcă mărimea deformațiilor este variabilă și momentan nu se cunoaște o relație

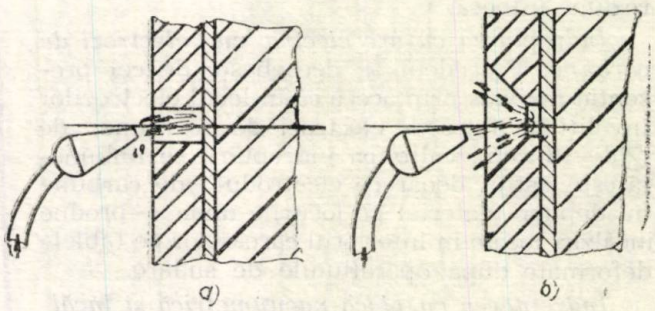


Fig. 7 Încălzirea tablei prin placă găurită.
a) — nezencuit ;
b) — zencuit.

analitică dintre mărimea deformației și distanța dintre găuri. Un argument suplimentar pentru găuri mai multe în placa de îndreptat

este că între tabla de îndreptat și electromagnet, respectiv placa găurită, nu trebuie să existe spațiu, cu alte cuvinte trebuie să fie un contact intim, excepție făcînd zona găurilor. Trebuie să creăm un spațiu suficient, unde să ascundem surplusul de material rezultat în urma deformației.

Prin pătrunderea surplusului de metal în găurile plăcii de îndreptat sînt stabilite precis locurile unde este necesară contractarea tablei prin încălziri locale. De aici a rezultat că nu este nevoie de o schemă specială de încălzire, ordinea de încălzire este în funcție de numărul muncitorilor sau de poziția lor de lucru.

La începutul experimentărilor, pe baza celorlalte metode de îndreptare prin încălziri locale, am crezut că întreaga suprafață a găurii trebuie să se încălzească la temperatura de 700—800°C (roșu deschis); acest lucru a făcut ca în unele locașuri să ținem flacăra oxi-gaz 2—4 minute pentru a ajunge la această temperatură. În acest moment am crezut că metoda este compromisă. Analizînd mai atent această situație am ajuns la două cazuri distincte :

— în primul caz surplusul de tablă intră în gaură sub formă de deal mic, deci nu este în contact intim cu electromagnetul (fig. 5) și încălzindu-se ajunge la temperatura dorită în 3—4 secunde ;

— în al doilea caz, cînd tabla este netedă în dreptul găurii, aceasta face contact intim cu electromagnetul. Încălzind în acest loc tabla, căldura fiind parțial furată de electromagnet, la temperatura dorită 700—800°C ajungem abia după 3—4 minute.

De aici am tras următoarele concluzii :

— în primul caz tabla fiind deformată trebuie să se contracte și acest lucru se realizează în timp optim ;

— în al doilea caz tabla fiind dreaptă, ea se va încălzi pînă cînd se formează o pată albastru închis de ∅16—22 mm, aceasta fiind necesară pentru reducerea tensiunilor remanente din tablă. Deci timpul maxim de încălzire a unui locaș este de 5 secunde.

Timpul de încălzire cu flacără oxi-gaz fiind foarte mic, cantitatea de căldură preluată de electromagnet la fel este relativ mică, deci automat se elimină soluția de a introduce un material izolator termic între tablă și electromagnet, în vederea împiedicării supraîncălzirii.

Pe parcursul experimentării metodei am observat că cu cît suprafețele sînt mai mari, calitativ și aspectual, suprafețele îndreptate sînt mai bune.

Descrierea instalației. Instalația de îndreptat este compusă din trei părți :

— dispozitivul de așezare a carcasei vagoanelor;

— instalația de susținere și transport al electromagnetului;

— electromagneții și sursa de energie (fig. 4 și 8).

Dispozitivul de așezare este compus din trei capre fixe, de construcție sudată. Aceste capre sînt fixate în beton. Partea lor superioară este reglată după boloboc.

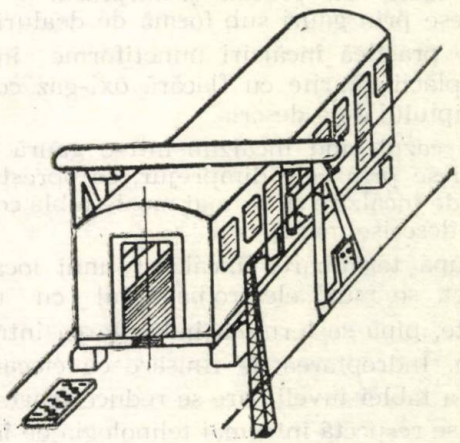


Fig. 8 Instalația de îndreptare.

Pe ambele părți ale dispozitivului de așezare sînt așezate două șine, pe care se deplasează o capră mobilă tot de construcție sudată, sub formă de portal. Partea inferioară a acesteia are cîte o pereche de roți pe care capra mobilă se deplasează în lungul carcasei de îndreptat. Partea superioară este prevăzută cu o șină de ghidare pe care se deplasează două electropalane (demag). Acestea servesc pentru susținerea și deplasarea pe verticală a electromagneților. Tot cu ajutorul lor se apropie și se îndepărtează electromagneții de carcasă.

Eectromagneții au o suprafață activă 1×1 m. Sursa de alimentare este compusă dintr-un transformator și un redresor. Tensiunea de lucru este cuprinsă între 140—180 V c.c.

Se lucrează concomitent cu doi electromagneți.

Îndreptarea carcaselor vagoanelor de călători. După sudarea și probarea cusăturilor se îndreaptă scheletul carcasei (stîlpi, întăriturі etc), confecționat din profile laminate și îndoite, la liniar, cu metodele clasice prin încălziri locale, prese și ciocane de diferite mărimi.

Se polizează din exterior cordoanele cap la cap. Din interior se curăță tabla învelitoare de stropi de sudură și alte murdării care ar putea împiedica așezarea perfectă a plăcii găurite și a electromagnetului pe suprafața tablei învelitoare.

Îndreptarea tablei se execută începînd de la un capăt al vagonului. Se apropie electromagnetul de peretele lateral din exterior și se cuplează. Se verifică dacă tabla învelitoare este suficient de moale ca să fie atrasă de către electromagnet. Dacă nu este elastică, ci rigidă,

nu se lasă atrasă corespunzător de electromagnet și în acest caz tabla se va muia prin lovituri repetate cu un ciocan de cauciuc sau de cupru. Urmează presarea tablei, prin așezarea plăcii găurite din interior și a electromagnetului din exterior. După cuplarea electromagnetului, tabla este presată și surplusul de material iese prin găuri sub formă de dealuri.

Se practică încălziri punctiforme în orificiile plăcii găurite cu flacără oxi-gaz conform principiului deja descris.

În cazul cînd încălzim într-o gaură și flacăra iese prin cele dimprejur, se oprește operația de încălzire și se mai moaie tabla conform celor descrise mai sus.

După terminarea încălzirii unui locaș de schelet, se mută electromagnetul cu un pas înainte, pînă se termină îndreptarea întregului vagon. Îndreptarea de finisare cu ciocanul de mînă a tablei învelitoare se reduce foarte mult. Dacă se respectă întocmai tehnologia de îndreptare, nu este necesară operația de retușare cu ciocanul de mînă.

Deformațiile tablei cauzate de sudură, care ajung de foarte multe ori și peste valori de 15 mm pe 1 m liniar, prin aplicarea acestei metode se reduc la 0,5—1 mm pe 1 m liniar (măsurate cu liniar lung de 1 m).

Efectivele calitative și economice

Față de procedeele de îndreptare prezentate, metoda de îndreptare cu electromagnetul și a încălzirii punctiforme are următoarele **avantaje:**

— elimină răcirea tablei cu apă și prin aceasta reduce efectul de coroziune a tablei și economisește energie;

— elimină depuneri de sudură și economisește oțel sub formă de electrozi înveliți;

— elimină denivelările cauzate de încălziri cu arc electric (pete pe suprafața exterioară a vagonului);

— elimină nucile rezultate de la loviturile de ciocan;

— se reduce substanțial operația de chituit, șlefuit după îndreptare;

— îmbunătățește condițiile de lucru prin eliminarea zgomotului rezultat din loviturile de ciocan în tabla învelitoare subțire;

— crește productivitatea muncii prin reducerea operației de îndreptare cu circa 100 ore/vagon.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Mateescu, D., Șerlău, C.*: Calculul structurilor sudate. I.P. Timișoara, 1975, pag. 121—188.

[2] *Popovici, N., Șontea, S., Popa, N., Șerlău, C., Milos, L. ,Nenu, G.*: Ghidul lucrărilor de sudare, tăiere lipire. Scrisul românesc, Craiova, 1984, 1984, pag. 336—363.

[3] *Domanovszky-Müncner-Izdinsky, Ruza*: Hegesztesi feszultsegek es alakvaltozasok. Budapest, 1969.

[4] *Beckert-Neumann*: A hegesztes alapismeretei. Budapest, 1967, 230—256 old.

[5] *Malisius, R.*: Schrumpfungen, spannungen und Risse beim Schweissen Deutsche verlag fur Schweisstehnik, Düsseldorf, 1960.

CZ : 621.791.92.011

Concordanța dintre două metode de estimare a structurii în depuneri prin sudare cu electrozi înveliți din oțel inoxidabil

Dr. ing. David **POPOVITS**, dr. ing. Teofil **SUBU** — Institutul de Sudură și Încercări de Materiale — Timișoara

La încăcare manuală cu electrozi înveliți în depunere se vor regăsi toate compozițiile chimice posibile dintre metalul suportului (metalul de bază) și metalul depus pur al electrodului. De aceea stratul I tampon al depunerii poate fi comparat cu o îmbinare eterogenă dintre metalul suportului ferito-perlitic și metalul înalt aliat depus cu electrod. Straturile care se depun după stratul I se pot considera deja ca fiind îmbinări omogene, deoarece compoziția chimică a suportului a devenit apropiată de compoziția metalului de adaos.

O metodă de estimare a structurilor metalurgice, în funcție de compoziția chimică a cusăturii sau a depunerii, este descrisă în lucrarea [1]. Se trasează o dreaptă pe diagrama Schaeffler, între punctele obținute prin reprezentarea Cr_{ech} și Ni_{ech}, pentru metalul de adaos înalt aliat inoxidabil și pentru suport care este oțel ferito-perlitic. Dreapta care unește cele două puncte amintite este denumită de autorii lucrării „linie directoare de diluție". După trasare această linie se împarte în 100 părți egale, iar numărul de diviziuni luate începînd de la metalul înalt aliat reprezintă valoarea diluției, cu alte cuvinte procentajul cu care participă metalul suportului în cusătură sau în depunere.

Un exemplu de utilizare practică a liniei directoare de diluție, la selectarea metalului de adaos, în cazul placării sub flux cu electrod bandă din oțel inoxidabil a stratului I tampon, în vederea evitării structurilor fragile, este prezentat în lucrarea [2].

Compoziția chimică a metalului suportului și a metalului depus pur cu electrozi înveliți

Tabelul 1

Metalul	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Nb
Suportului	0,21	0,30	0,71	0,016	0,022	0,38	0,64	0,18	—
Depus pur	0,03	1,33	1,12	0,020	0,015	22,21	11,85	—	0,59

Autorii prezentei lucrări arată că există și o altă metodă de estimare a structurii care are la bază ecuații de gradul 1 și care au fost prezentate și fundamentate în lucrările [3, 4, 5]. Pornind de la aceste ecuații și efectuînd calcule analitice și grafice se obțin așa zisele „linii tampon ale metalului de adaos". Cu ajutorul acestora se determină un număr de puncte care sînt amplasate în jurul dreptei care unește cele două puncte din diagrama Schaeffler, ale căror cordonate sînt valorile numerice pentru Cr_{ech} și Ni_{ech} ale suportului, respectiv ale metalului de adaos înalt aliat.

Demonstrarea valabilității acestei afirmații se face folosind un exemplu numeric.

Compoziția chimică în procente a suportului și a metalului depus pur cu electrozi înveliți este prezentată în tabelul 1.

În continuare se prezintă calculele pentru determinarea celor două linii amintite și pentru stabilirea concordanței dintre ele.

A. Linia directoare de diluție.

1. Se calculează valorile Cr_{ech} și Ni_{ech} pentru metalul depus pur cu electrozii înveliți : $Cr_{ech} = 24{,}39$; $Ni_{ech} = 13{,}31$.

Aceste valori sînt coordonatele unui punct **N** (24,39; 13,31) care se reprezintă în diagrama Schaeffler (fig. 1).

2. Se calculează valorile Cr_{ech} și Ni_{ech} pentru metalul suportului : $Cr_{ech} = 1{,}41$; $Ni_{ech} = 7{,}295$.

Aceste valori sînt coordonatele unui punct **M** (1,41 ; 7,295) care se reprezintă în diagrama Schaeffler (fig. 1).

3. Se trasează linia directoare de diluție unind punctele **M** și **N**. Ecuația dreptei care trece prin punctele **M** și **N** are forma :

$$y = 0{,}2618\,x + 6{,}926 \qquad (1)$$

Cu această dreaptă se evaluează structura metalurgică în funcție de participarea suportului în cusătură sau în depunere (diluție).

B. Linia tampon a metalului de adaos.

1. Se calculează concentrațiile elementelor din stratul I folosind linia tampon a metalului de adaos, pentru diluțiile cuprinse între 10% și 50%. Ecuația are forma :

$$C_{t_1} = (C_{MB} - C_{MD})\,a + C_{MD}, \qquad (2)$$

unde :

C_{t_1} este concentrația teoretică a elementului în stratul I al cusăturii sau al depunerii ;

C_{MB} — concentrația elementului în metalul suportului ;

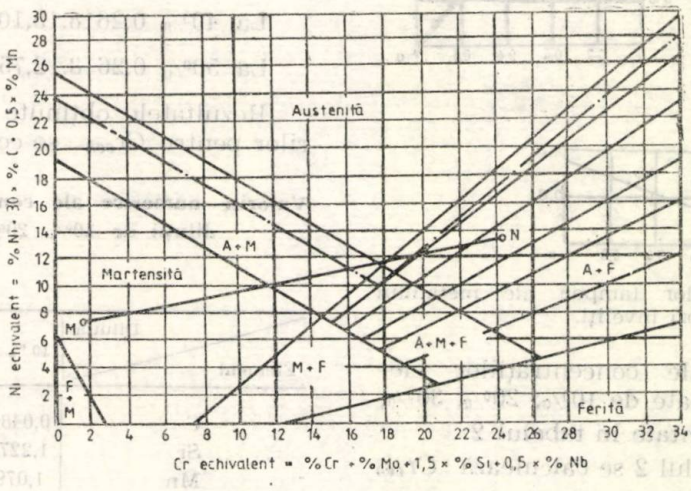


Fig. 1 Reprezentarea liniei directoare de diluție.

C_{MD} — concentrația elementului în metalul depus pur cu electrozi înveliți ;

a — participarea metalului suportului în cusătură sau în depunere (diluția).

Ecuațiile liniilor tampon ale materialului de adaos și reprezentările lor sînt în figura 2. Se precizează că scările reprezentărilor grafice diferă între ele, cu scopul de a nu depăși spațiul grafic disponibil.

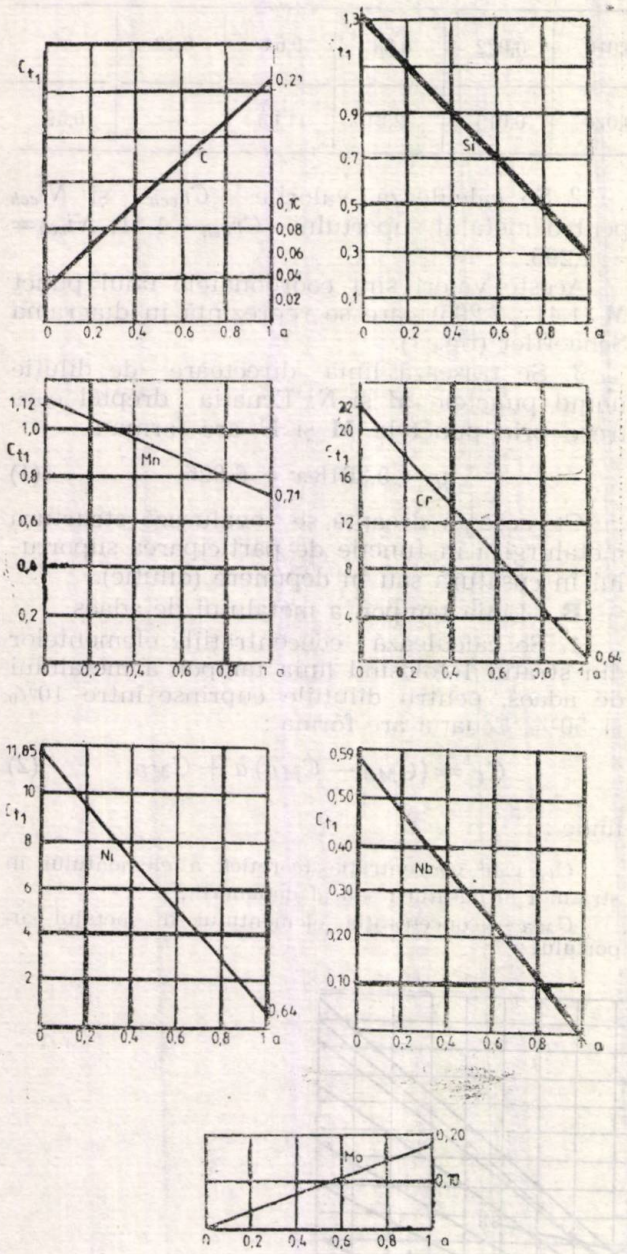


Fig. 2 Reprezentarea liniilor tampon ale metalului depus pur cu electrozi înveliți.

Valorile numerice ale concentrațiilor elementelor la diluțiile luate de 10%; 20%; 30%; 40% și 50% sînt prezentate în tabelul 2.

Cu valorile din tabelul 2 se calculează Cr_{ech} și Ni_{ech} la diluțiile date.

La 10% diluție :

$$Cr_{ech} = 20{,}027 + 0{,}018 + 1{,}5 \cdot 1{,}227 + 0{,}5 \cdot 0{,}531 = 222{,}151$$

$$Ni_{ech} = 10{,}729 + 30.0{,}048 + 0{,}5 \cdot 1{,}079 = 12{,}7085 \quad (3)$$

La 20% diluție :

$$Cr_{ech} = 17{,}844 + 0{,}036 + 1{,}5 \cdot 1{,}124 + 0{,}5 \cdot 0{,}472 = 19{,}802 \quad (4)$$

$$Ni_{ech} = 9{,}608 + 30.0{,}066 = 0{,}5.1{,}038 = 12{,}107$$

La 30% diluție :

$$Cr_{ech} = 15{,}661 + 0{,}054 + 1{,}5.1{,}021 + 0{,}5.0{,}413 = 17{,}453 \quad (5)$$

$$Ni_{ech} = 8{,}487 + 30.0{,}084 + 0{,}5.0{,}997 = 11{,}51$$

La 40% diluție :

$$Cr_{ech} = 13{,}478 + 0{,}072 + 1{,}5.0{,}918 + 0{,}5.0{,}354 = 15{,}104 \quad (6)$$

$$Ni_{ech} = 7{,}366 + 30.0{,}102 + 0{,}5.0{,}956 = 10{,}904$$

La 50% diluție :

$$Cr_{ech} = 11{,}295 + 0{,}09 + 1{,}5.0{,}815 + 0{,}5.0{,}295 = 12{,}755 \quad (7)$$

$$Ni_{ech} = 6{,}245 + 30.0{,}12 + 0{,}5.0{,}915 = 10{,}3025$$

Petru stabilirea concordanței dintre valorile reprezentative ale liniei directoare de diluție și valorile concentrațiilor teoretice la diluții de 10%; 20%; 30%; 40%; 50% se înlocuiesc pe rînd valorile calculate pentru Cr_{ech} în ecuația liniei directoare de diluție (1) obținînd :

La 10% $0{,}2618.22{,}151 + 6{,}926 = 12{,}725$ (8)

La 20% $0{,}2618.19{,}801 + 6{,}926 = 12{,}111$ (9)

La 30% $0{,}2618.17{,}453 + 6{,}926 = 11{,}495$ (10)

La 40% $0{,}2618.15{,}104 + 6{,}926 = 10{,}880$ (11)

La 50% $0{,}2618.12{,}755 + 6{,}926 = 10{,}265$ (12)

Rezultatele obținute după înlocuirea valorilor pentru Cr_{ech} se compară cu valorile pen-

Valorile numerice ale concentrațiilor elementelor la diluții de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%

Tabelul 2

Element \ Diluția	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
C	0,048	0,066	0,084	0,102	0,120
Si	1,227	1,124	1,021	0,918	0,815
Mn	1,079	1,038	0,997	0,956	0,915
Cr	20,027	17,844	15,661	13,478	11,295
Ni	10,729	9,608	8,487	7,366	6,245
Mo	0,018	0,036	0,054	0,072	0,090
Nb	0,531	0,472	0,413	0,354	0,295

Rezultatele obținute după înlocuirea valorilor

Tabelul 3

Ni_{ech} \ Diluție	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
Determinat cu ecuațiile (3) la (7)	12,7085	12,107	11,51	10,904	10,3025
Determinat cu ecuațiile (8) la (12)	12,725	12,111	11,495	10,880	10,265
Diferențe valori absolute	|0,017|	|0,004|	|0,015|	|0,024|	|0,038|
valori procentuale	0,13 %	0,033%	0,13%	0,22%	0,37%

tru Ni_{ech}. În tabelul 3 sînt prezentate valorile pentru Ni_{ech} determinate cu ecuațiile (3) la (7) și cele rezultate în urma înlocuirii valorilor pentru Cr_{ech} în ecuațiile (8) la (12).

Din tabelul 3 rezultă că diferențele în valori absolute variază între 0,004 și 0,038, ceea ce reprezintă diferențe exprimate procentual de 0,033% la 0,37%. La aceste valori foarte mici nu s-a efectuat o prelucrare statistică a datelor.

Concluzii

Rezultatele calculeleor analitice și interpretarea lor cu ajutorul diagramei Schaeffler au arătat o concordanță foarte bună între cele două metode, iar estimarea structurii cusăturii sau depunerii realizate cu electrozi înveliți inoxidabili se poate face trasînd linia directoare de diluție, fie linia tampon a metalului depus pur cu electrozi înveliți și efectuarea unor calcule analitice și grafice.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Wylie, R.D., Mc Donald, J., Lowenberger, A.L.*: Weld Deposited Cladding of Pressure Vessels In: British Welding Journal, nr. 8, 1965.

[2] *Schulten, D., Mueller, P.*: Submerged — arc welding of stainless steels In: British Welding Journal, nr. 5, 1967.

[3] *Popovits, D., Subu, T.*: Bimetale obținute prin placarea automată sub flux cu electrod bandă. Timișoara, Editura Facla 1982.

[4] *Popovits, D., Subu, T.*: Contribuții la teoria concentrației oricărui element în straturile de plaçaj depuse prin sudare sub flux cu electrod bandă In: Sudură și încercări de materiale, nr. 3, 1983.

[5] *Subu, T.*: Contribuții la placarea prin sudare sub flux cu bandă. Teză de doctorat Institutul „Traian Vuia" Timișoara, 1984.

CZ : 621.791.76 : 631.3

Creșterea productivității muncii și îmbunătățirea calității sudurii la asamblarea componentelor de caroserie a mașinilor agricole, prin introducerea sudării electrice prin presiune în puncte multiple

Ing. Șerban **PANAITESCU**, ing. Mihaela **HERMAN**, ing. Zagorca **BOLDUREAN**, ing. Octavian **OANCĂ** — Institutul de Sudură și Încercări Materiale — Timișoara

Introducere

Producția de mașini destinate mecanizării operațiilor din agricultură se încadrează, din punct de vedere al volumului anual de fabricație, în categoria producțiilor de serie mică, cu o gamă de sortotipodimensiuni numeroasă. Astfel la I.M.A. „Semănătoarea" București, pentru cincinalul 1986—1990, este previzionată fabricația combinelor pentru cereale C 12 M, CP 12, C 14.

Prezentarea generală a situației actuale

În prezent, la I.M.A.S. București, asamblarea prin sudare a subansamblelor din tablă, destul de numeroase în structura mașinilor agricole

(casă fixă, casă oscilantă, capotaje etc) se face prin procedeul de sudare electrică prin presiune, în puncte singulare sau relief. Posturile de lucru sînt echipate cu dispozitive de așezare și strîngere acționate manual, iar sudarea se realizează cu cleşti suspendați și mașini staționare. Acest mod de lucru asigură un grad foarte înalt de flexibilitate a produselor, dar determină și o serie de dezavantaje. Poziția relativă dintre componentele asamblate nu este riguros constantă, cum de altfel nu este nici poziția geometrică a punctului, mult influențată de operator. Influența operatorului este hotărîtoare și asupra calității punctului.

Analiza posibilităților de introducere a sudării electrice prin presiune în puncte multiple

La cererea I.M.A.S. București, pentru a elimina aceste dezavantaje, I.S.I.M. Timișoara a analizat posibilitatea mecanizării operațiilor de sudare la unele subansamble de la combinele de cereale C 12 M, CP 12, C 14 în puncte multiple.

Studiul a urmărit posibilitatea de realizare a liniilor de asamblare prin sudare a subansamblelor pentru casă fixă, pentru casă oscilantă și capotaj, cu mașini de sudare electrică prin presiune în puncte multiple, folosind ca metode de sudare simplu punct SP, dublu punct serie DPS, dublu punct push-pull DPP și elemente de sudare adecvate (elemenți direcți, culbutori, cleşti).

S-au elaborat trei variante de structuri de linie.

Varianta 1 prezintă o structură de linie, conform figurii 1, compusă din două utilaje tip mașină de sudat electric prin presiune în puncte multiple, specifice pentru subansamblul perete CASA OSCILANTĂ C 14 și două utilaje pentru subansamblul perete CASA OSCILANTĂ CP 12 și C 12 M.

Celelalte operații de asamblare (nituire, sudare în mediu de CO_2, sudare în relief), necesare conform tehnologiei de realizare a produsului, sînt grupate în fluxurile tehnologice într-un post de pregătire — completare. Pentru sudarea în mediu de CO_2, se utilizează un echipament tip ISM 200 (instalație de sudat MAG — 200 A), iar pentru pregătirea unor componente, o mașină de sudat electric prin presiune, în puncte și relief, tip PPR—25 (mașină de sudat în relief de 125 kVA, la $DA = 50\%$).

Varianta I are în componența sa mașini de sudat electric prin presiune în puncte multiple, specifice fabricației de serie mare. Cum mașinile agricole se fabrică în serie mică, într-un număr variat de tipodimensiuni, mașinile de sudat electric prin presiune în puncte multiple nu asigură flexibilitatea necesară, deci se reduce flexibilitatea în raport cu cea existentă.

Varianta 2 prezintă pentru fiecare dintre cele două tipuri de subansamble C 14, respectiv C 12 și C 12 M o structură de linie compusă dintr-un post de sudare manual echipat cu mașini suspendate, în care se realizează toate punctele de sudare necesare, cu menținerea postului de pregătire-compleare menționat la varianta 1.

Varianta 2 prezintă avantajul flexibilității ridicate, dar păstrează dezavantajele situației existente în acest moment la „Semănătoarea".

Pentru a diminua dezavantajele menționate la varianta 1, s-a creat *o structură de linie comună* pentru cele două tipuri de subansamble C 14, respectiv CP 12 și C 12 M. Această structură este realizabilă în situația în care se

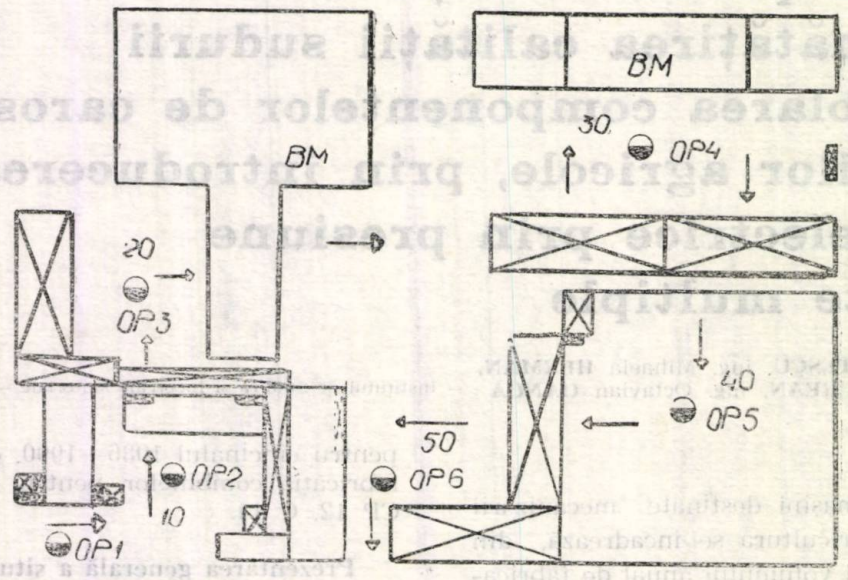


Fig. 1 Structură de linie.

lucrează alternativ și nu simultan cele două tipodimensiuni, pentru că reclamă înlocuirea,

în funcție de subansamblu, a mașinilor de sudat electric prin presiune în puncte multiple, soluția propusă reprezentînd varianta 3.

Linia va fi echipată cu mașini de sudat electric prin presiune în puncte multiple, specifice subansamblului lansat în fabricație, avînd în apropiere mașini de sudat electric prin presiune în puncte multiple, specifice celui de-al doilea tip de subansamblu.

La schimbarea fabricației, mașinile de sudat în așteptare sînt amplasate în linie, iar cele aflate în linie trec în așteptare.

În componența linei se menține și grupul de mașini universale prezentat la varianta 1.

I.M.A. „Semănătoarea" a optat pentru a treia variantă, care are un grad sporit de flexibilitate în raport cu prima, I.S.I.M. urmînd să treacă la proiectarea mașinilor de sudat electric prin presiune în puncte multiple, din componența liniei.

Pentru creșterea flexibilității, ele au fost gîndite ținîndu-se cont de configurația geometrică a reperelor (configurație plană). Aceasta dă posibilitatea ca posturile de lucru să fie utilizate atît pentru sudarea subansamblului „stînga", cît și pentru subansamblul „dreapta", avînd doar succesiunea de încărcare a reperelor diferită.

Concluzii

Implementarea mașinilor de sudat electric prin presiune în puncte multiple, în linia de asamblare prin sudare a subansamblelor din componența mașinilor agricole generează o serie de avantaje. Poziția relativă a pieselor la sudare este impusă de utilajul de sudare, ceea ce conferă o calitate constantă produselor. De asemenea, este superioară calitatea punctului sudat prin posibilitatea realizării regimului prescris pentru fiecare, în funcție de grosimile de sudat. Sudarea electrică prin presiune în puncte multiple asigură o creștere importantă a productivității prin executarea simultană a mai multor puncte.

Variantele analizate s-au elaborat în momentul cînd robotul industrial nu era omologat, implementarea roboților nereprezentînd încă o soluție fezabilă. Se apreciază că pentru nevoile actuale, robotul tip RIP 63 este cel mai indicat pentru sudarea în puncte, deoarece, pe lîngă gradul de mecanizare pe care îl realizează, asigură o flexibilitate ridicată, la fel cu aceea actuală necesară fabricației de serie mică, care caracterizează industria de mașini agricole.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Miclosi, V., Andreescu, F., Lupu, V.* : Echipamente pentru sudare, Editura Didactică și pedagogică, București, 1984.

[2] *Popovici, V. ș.a.* : Ghidul lucrărilor de sudare, tăiere, lipire, Editura Scrisul Românesc, Craiova, 1984.

[3] x x x : Norme de muncă pe unități fizice unificate pe M.I.C.M. în activitatea de cercetare și inginerie tehnologică, București, 1978.

CZ : 620.173.254.251.2

Cercetări privind modelarea experimentală a procesului de refulare la sudarea prin presiune

Prof. dr. ing. Voicu **SAFTA** — Institutul Politehnic „Traian Vuia" Timișoara

Condiții de modelare a procesului de refulare la cald

Modelarea procesului de refulare — deformare plastică la cald — a fost realizată prin încercări de compresiune la temperaturi de 500, respectiv 700°C, care au permis ridicarea caracteristicii $F - f(\Delta l)$. În acest scop s-a folosit instalația din figura 1, adaptată la mașina universală de încercare de 3000 kN. În timpul măsurării forței și a deformației, temperatura s-a menținut în limitele ± 3°C. Scurtarea efectivă a probelor Δl a fost măsurată cu ajutorul unui extensometru cu comparator de $\pm 0{,}01$ mm, prin palparea neîntreruptă a suprafețelor de așezare. Pentru evitarea erorilor datorate deformării plastice a suprafețelor de așezare a probelor, acestea au fost protejate cu ajutorul unor discuri intermediare din oțel dur. Egalizarea temperaturii în secțiunea probei s-a asigurat prin adoptarea unor viteze mici de încălzire, care nu au depășit 100° C/h.

Probele au fost prelevate din bare de oțel OLC 35 și prelucrate prin rectificare la lungimea $l = 50 \pm 0{,}01$ mm, astfel încît suprafața secțiunii transversale să fie aceeași pentru toate formele de secțiuni utilizate, $S_0 = 785° \pm 2$ mm^2. În vederea încărcării uniforme a secțiunii, prin prelucrare s-a asigurat totodată și paralelismul perfect al suprafețelor de așezare. Avînd în vedere principiul tehnologiei de sudare prin presiune, în cadrul experiențelor efectuate s-au neglijat forțele de frecare (transversale), care iau naștere în timpul solicitării la compresiune pe suprafețele de așezare ale probei.

Formele secțiunilor transversale luate în considerare sînt prezentate în figura 2.

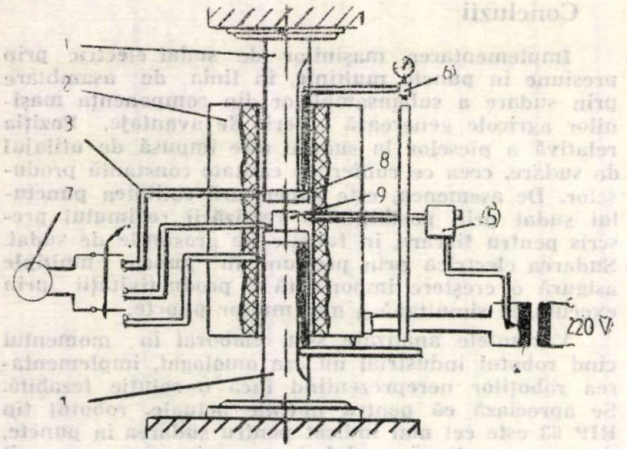
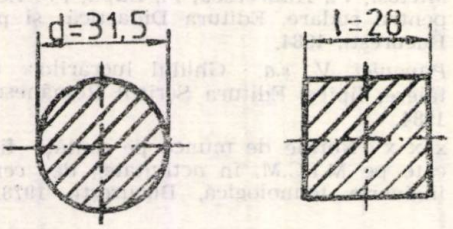


Fig. 1 Instalație pentru încercări de refulare la cald: 1 — dorn de compresiune, 2 — cuptor, 3 — termocupluri, 4 — transformator de alimentare, 5 — termoregulator, 6 — extensometru, 7 — milivoltmetru, 8 — plăcuță nedeformabilă, 9 — epruvetă.



Se observă că ordinea SSL a corpurilor analizate este : cilindru plin-hexagon-pătrat. La cilindrul gol, suprafața specifică este în funcție de raportul diametrelor D_2/D_1. Întrucît limitele de variație a rapoartelor D_2/D_1 sînt 0 și 1, rezultă că suprafața specifică laterală a cilindrului gol poate lua valori în intervalul :

$$\frac{4}{d} < \mathrm{SSL} \leq \frac{4}{d} \cdot \frac{2D_1}{d}$$

unde $\lim \left(\frac{2D_1}{d} \right)_{d=0} = \infty$

Așa cum rezultă și din diagrama din figura 3, în care este reprezentată dependența $f\left(\frac{D_2}{D_1}\right) = \frac{D_1 + D_2}{d}$, pentru diferite valori D_2/D_1, tuburile cu pereți subțiri în general

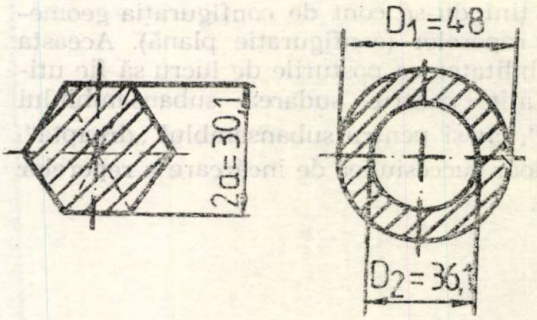


Fig. 2 Forme și dimensiuni ale epruvetelor încercate la cald.

Pentru evaluarea rezultatelor s-a calculat suprafața specifică laterală SSL a celor 4 forme de corpuri experimentale, definită ca raport între aria laterală (A_l) și volum (V), respectiv între perimetrul (p) și aria secțiunii (A_0). Valorile SSL au fost centralizate în tabelul 1.

Valorile exacte și aproximative ale SSL la diferite forme de secțiuni.

Tabelul 1

Nr. crt.	Forma corpului	SSL = $A_l/V = p/A_0$	
		Valoare exactă	Valoare aproximat.
1.	Cilindru plin	$\frac{4}{d}$	$\frac{4}{d}$
2.	Prismă hexagonală	$\frac{2\sqrt[4]{3}}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{4}{d}$	$1{,}08\frac{4}{d}$
3.	Prismă pătrată	$\frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \frac{4}{d}$	$1{,}13\frac{4}{d}$
4.	Cilindru gol	$\frac{D_1 + D_2}{d} \cdot \frac{4}{d}$	—

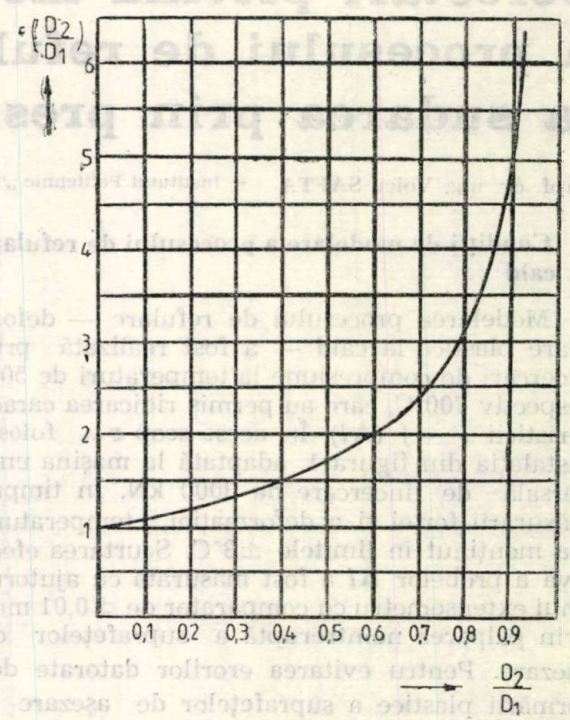


Fig. 3 Reprezentarea dependenței $\frac{D_1 + D_2}{d} = f\left(\frac{D_2}{D_1}\right)$

($D_2/D_1 \ll 1$), prezintă o suprafață specifică laterală, respectiv grad de compactitate superior celorlalte forme de corpuri.

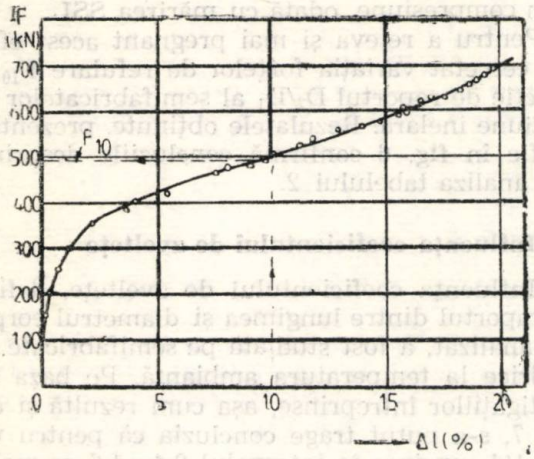


Fig. 4 Ridicarea prin puncte a diagramei forță deformație la temperatură constantă.

Rezultate experimentale

Influența temperaturii și a formei secțiunii

Pe baza încercărilor efectuate s-a construit diagrama $F = f(\Delta l)$ similară cu cea exemplificată în figura 4, pentru probe de secțiuni hexagonale încercate la temperatura de 500°C. Cu ajutorul diagramelor respective s-au determinat sarcinile medii corespunzătoare atingerii scurtării specifice $\Delta l/l_0 = 10\%$, (F_{10}). Alegerea valorii de 10% este motivată, pe de o parte de necesitatea comparării forțelor de refulare la deformații plastice cît mai ridicate, care intervin în procesul de sudare, iar pe de altă parte de necesitatea limitării apariției și dezvoltării fisurii pe suprafața exterioară a probelor tubulare.

Rezultatele sînt prezentate centralizat pe forme de probe și temperaturi în tabelul 2. Pentru comparație s-au trecut și valorile stabilite la temperatura mediului ambiant.

Valorile medii ale forței de refulare la diferite forme de probe încercate

Tabelul 2

Nr. crt.	Forma corpului	Valori medii ale lui F_{10} (kN) *)		
		T = 20°C	T = 500°C	T = 700°C
1.	Cilindru plin	645	494	148
2.	Prismă exagonală	625	461	138
3.	Prismă pătrată	625	452	137
4.	Cilindru gol	564	424	133

*) din trei determinări

Pe baza datelor din tabelul 2 coeficienții de corecție a forțelor de refulare F_{10} pentru secțiuni diferite de cea circulară plină, independent de temperatură, sînt cuprinși în intervalele 0,85—0,90 pentru semifabricatele de secțiune hexagonală și pătrată. Avînd însă în vedere dependența de temperatură a forțelor de refulare F_{10}, reprezentată în figura 5, este de așteptat

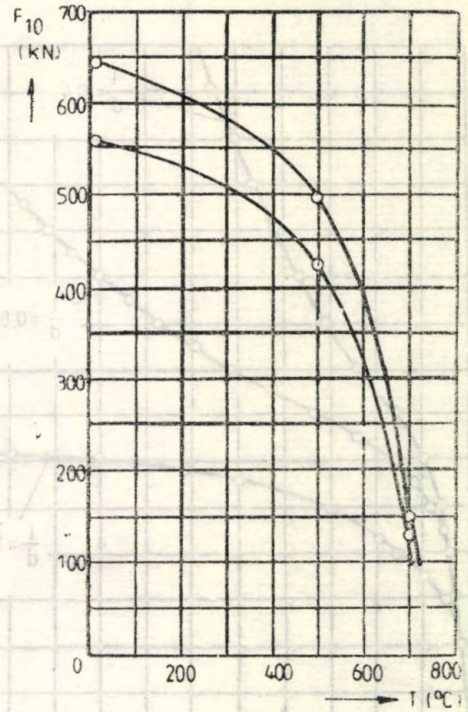


Fig. 5 Reprezentarea variației forței specifice de refulare la o deformație plastică de 10%, în funcție de temperatură.

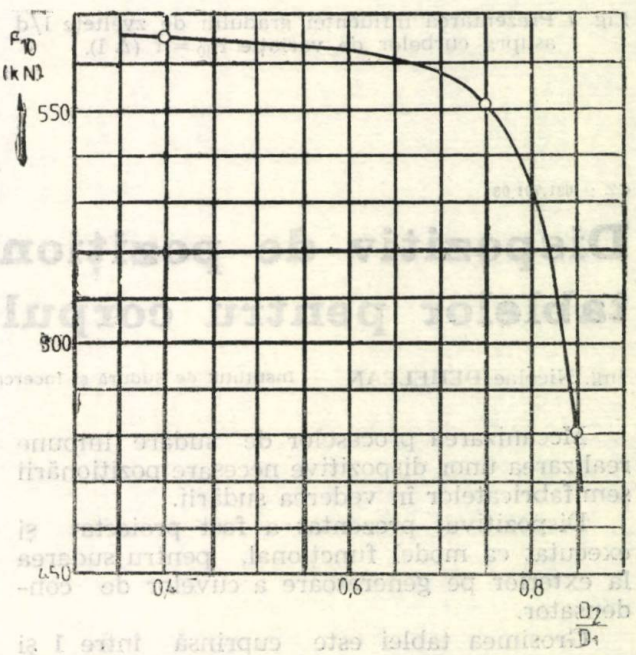


Fig. 6 Reprezentarea variației forței specifice de refulare la o deformație plastică de 10% în funcție de raportul diametrelor D_2/D_1, la piese de secțiune inelară.

ca la temperaturi peste 700°C, forma secțiunii să nu mai exercite o influență concludentă.

Influența suprafeței specifice laterale — SSL.

Influența SSL asupra capacității de refulare, a fost pusă în evidență la toate temperaturile experimentale (tabelul 2), în sensul scăderii sistematice a forțelor de refulare cu creșterea SSL. Din punct de vedere fenomenologic această constatare își găsește explicația prin micșorarea constrîngerii laterale la deformarea plastică prin compresiune, odată cu mărirea SSL.

Pentru a releva și mai pregnant acest efect s-a cercetat variația forțelor de refulare F_{10} în funcție de raportul D_2/D_1 al semifabricatelor de secțiune inelară. Rezulatele obținute, prezentate grafic în fig. 6 confirmă concluziile desprinse din analiza tabelului 2.

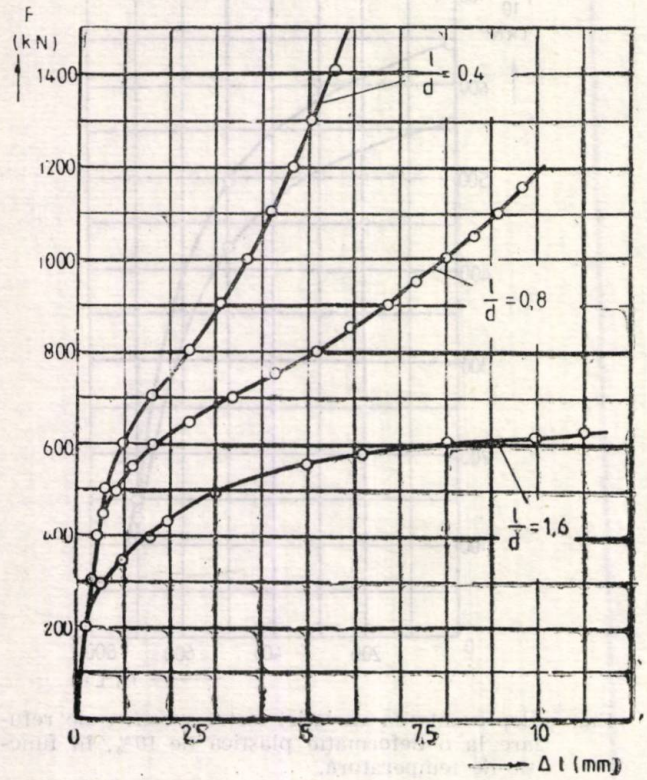


Fig. 7 Prezentarea influenței gradului de zvelțețe l/d asupra curbelor de variație $F_{10} = f(\Delta l)$.

Influența coeficientului de zvelțețe

Influența coeficientului de zvelțețe, definit ca raportul dintre lungimea și diametrul corpului analizat, a fost studiată pe semifabricate cilindrice la temperatura ambiantă. Pe baza investigațiilor întreprinse, așa cum rezultă și din fig. 7, s-a putut trage concluzia că pentru valori l/d cuprinse în intervalul 0,4—1,6 se manifestă o influență pregnantă asupra caracteristicii $F = f(\Delta l)$.

De exemplu sarcina corespunzătoare scurtării de 5 mm, $F_{10} = (\Delta l)$ prezintă următoarele valori : 555 kN la l/d = 1,6 790 kN la l/d = 0,8 și 1260 kN la l/d = 0,4.

Concluzii

Modelarea procesului de refulare la cald a pus în evidență influența formei secțiunii, a compactității acesteia definită prin suprafața specifică laterală SSL, și a coeficientului de zvelțețe asupra sarcinii de refulare corespunzătoare unei deformații plastice de 10% F_{10}.

Rezultatele cercetării s-au finalizat prin stabilirea unor coeficienți de corecție pentru diferite forme de piese, permițînd fixarea unor condiții univoce procesului de refulare în cazul sudării prin presiune, respectiv prin frecare.

CZ : 621.791.03

Dispozitiv de poziționare în vederea sudării tablelor pentru corpul cuvelor de condensator

Ing. Nicolae **DEHELEAN** — Institutul de Sudură și Încercări de Materiale – Timișoara

Mecanizarea proceselor de sudare impune realizarea unor dispozitive necesare poziționării semifabricatelor în vederea sudării.

Dispozitivul prezentat a fost proiectat și executat ca model funcțional, pentru sudarea la exterior pe generatoare a cuvelor de condensator.

Grosimea tablei este cuprinsă între 1 și 2 mm, iar lungimea maximă de sudat este de 1400 mm. În figura 1 este prezentată fixarea semifabricatului în dispozitivul de poziționare.

Poziționarea a fost impusă de tehnologia de sudare. Semifabricatul se așază pe grinda suport prevăzută cu placă de protecție din cupru și se fixează prin strîngere pneumatică. Cele două laturi ce urmează a fi sudate sînt apăsate pe grinda suport de niște pîrghii acționate pneumatic. Acționarea lor se face cu ajutorul unui furtun elastic, ce realizează forța de apăsare prin deformare la alimentarea cu aer comprimat. Sistemul pneumatic mai cuprinde

un grup F.R.U., două distribuitoare cu pedale și elemente de legătură (furtun, racorduri, coliere).

Dispozitivul este prevăzut cu pupitru de comandă încorporat, care cuprinde elemente de comandă a întregii instalații de sudare.

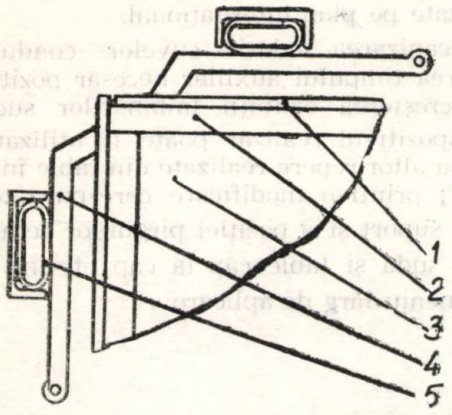


Fig. 1 Schema de poziționare a semifabricatului în dispozitiv.
1 — semifabricat ; 2 — placă protecție ; 3 — grindă suport ; 4 — pîrghie fixare ; 5 — furtun elastic.

pentru care poziționarea se realizează chiar în cazul tablelor subțiri și puțin deformate. Acționarea strîngerii se face independent pe cele două laturi ale semifabricatului (comandată de distribuitoarele cu pedală), dînd posibilitatea unei poziționări ușoare. Schema pneumatică a dispozitivului este prezentată în figura 2.

Mecanizarea operațiilor de sudare impune semifabricatului anumite condiții de calitate, cu privire la precizia dimensională. Muchia tablei ce urmează a fi sudată trebuie să aibă o abatere de la rectilinitate, măsurată în planul tablei, mai mică decît valoarea jocului. Mărimea rostului (jocul) impusă prin tehnologia de sudare nu va depăși valoarea $J = 0{,}5$ mm pentru tabla de 2 mm grosime, respectiv $J = 0{,}3$ mm pentru table de 1 mm grosime.

Probele necesare în vederea definitivării tehnologiei de sudare s-au executat pe un model experimental realizat de I.S.I.M., în colaborare cu I.C.P.E. București (fig. 3), și integrat într-o instalație ce mai cuprinde un tractor de tip TA 1 (adaptat instalației); cap sudare MAG — CSM 200, dispozitiv avans sîrmă SA 315, redresor pentru sudare MIG/MAG — RSC 400,

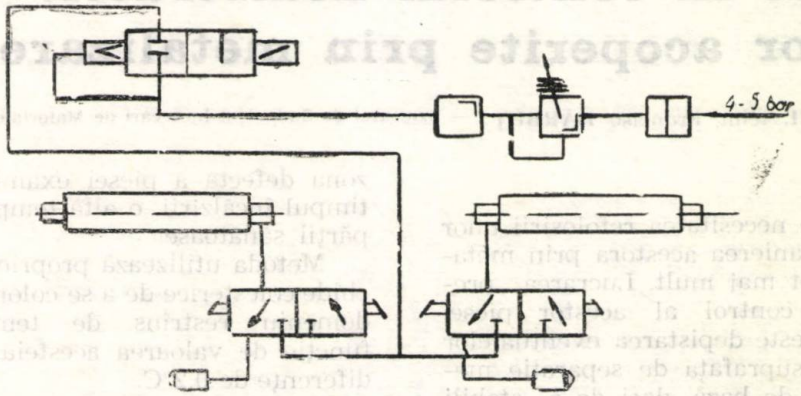


Fig. 2 Schema pneumatică a dispozitivului.

Prin utilizarea pîrghiilor de strîngere a semifabricatului, forța de apăsare se distribuie practic uniform pe întreaga lungime, motiv

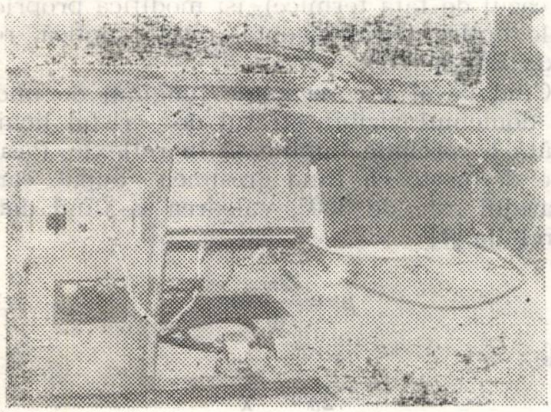


Fig. 3 Dispozitiv de poziționare în vederea sudării tablelor pentru corpul cuvelor de condensator.

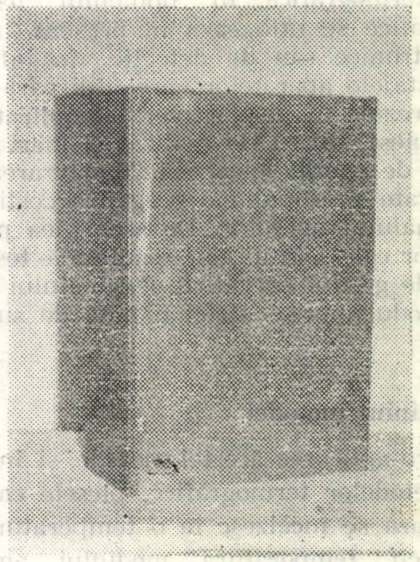


Fig. 4 Perete cuvă condensator sudat.

reductor de presiune cu debitmetru — RPG 30 și încălzitor CO_2 — $SACO_3$.

S-au sudat pereți cuve condensator (fig. 4) cu următoarele caracteristici :

— înălțime (generatoare) : $H = 185—985$ mm;
— lungime : $L = 155—380$ mm ;
— lățime : $l = 87—234$ mm ;
— grosime tablă : $g = 1—2$ mm ;
— material : A 2 K — 04, A 3 K—04 STAS 9485—80 și A 5 K — 04 STAS 10318-80.

Parametrii de sudare utilizați funcție de grosimea tablei au fost :

— curent sudare : $I_s = 60—90$ A ;
— viteză avans sîrmă : $V_{as} = 2{,}22—2{,}8$ m/min ;
— tensiune arc : $U_a = 18—20$ V;
— viteză sudare': $V_s = 0{,}4—0{,}45$ m/min;
— debit CO_2 : $Q_{CO_2} = 12—14$ l/min. ;
— sîrmă electrod $\varnothing = 1{,}0$ mm S12 Mn Si STAS 1126—80.

Cu dispozitivul realizat s-au obținut cordoane continue și uniforme, lipsite de pori asigurînd etanșeitatea impusă de necesitatea umplerii cu ulei a acestor cuve. În felul acesta, produsul final se ridică la nivelul produselor executate pe plan internațional.

Mecanizarea sudării cuvelor conduce la scurtarea timpului auxiliar necesar poziționării și la creșterea calității îmbinărilor sudate.

Dispozitivul realizat poate fi utilizat și la sudarea altor repere realizate din table în unghi de 90°; printr-o modificare corespunzătoare a grinzii suport și a poziției pîrghiilor de apăsare se pot suda și table cap la cap oferind astfel un domeniu larg de aplicare.

CZ : 620.179.131

Metodă privind utilizarea cristalelor lichide colesterice în controlul nedistructiv al pieselor acoperite prin metalizare

Fiz. Miron **DRĂGHICI**, tehn. Francisc **BÂRBUȚ** — Institutul de Sudură și Încercări de Materiale – Timișoara

Introducere

Avînd în vedere necesitatea refolosirii unor piese metalice, remanierea acestora prin metalizare se impune tot mai mult. Lucrarea prezintă o metodă de control al acestor piese. Scopul controlului este depistarea eventualelor defecte dispuse la suprafața de separație metal depus — metal de bază, deci de a stabili calitatea pieselor controlate. Metoda este de natură termografică. În domeniul testărilor termografice se utilizează în prezent metode optoelectronice sau de detecție în infraroșu. Dezavantajele aparatelor care utilizează aceste tehnici rezidă în dispozitivele complicate care le alcătuiesc, dificil de realizat și mari consumatoare de energie electrică. Manevrarea acestor aparate presupune o pregătire costisitoare a personalului operator. De asemenea precizia metodelor este scăzută, iar rezultatele testărilor depind de gradul pregătirii personalului operator, introducîndu-se astfel o notă de subiectivism.

Principiul metodei

Pentru aplicarea acestei metode, și în general a metodelor termografice, piesele care se examinează se încălzesc la o temperatură mai mare decît temperatura mediului ambiant, zona defectă a piesei examinate căpătînd, în timpul încălzirii, o altă temperatură decît cea a părții sănătoase.

Metoda utilizează proprietatea cristalelor lichide colesterice de a se colora diferit — într-un domeniu restrîns de temperatură (4°C) — funcție de valoarea acesteia. Metoda sesizează diferențe de 0,2°C.

Cristalele lichide colesterice sînt esteri ai colesterolului, formați din molecule organice mici; mezofaza de cristal lichid se obține prin modificarea temperaturii, motiv pentru care ele se mai numesc și termotrope.

Aceste structuri, sub influențe exterioare (în cazul de față termice), își modifică proprietățile optice (birefringența, rotația optică, reflexia Bragg etc.).

Cînd pasul p corespunde lungimii de undă din domeniul vizibil, stratul de cristal lichid capătă o corelație luminoasă în reflexie. Pasul p se definește ca fiind grosimea după care defazajul este de 360°, valoarea sa fiind dată de relația [1] :

$$p = \frac{2\pi}{\Phi} \cdot b \qquad (1)$$

unde :

$$\frac{2b}{\Phi} = \frac{\lambda}{n} \qquad (2)$$

în care :

b — reprezintă grosimea stratului de cristal lichid colesteric;
n — indicele de refracție mediu ;
Φ — unghiul de rotire al straturilor succesive.

Cristalele lichide utilizate trebuie să aibe temperatura minimă de colorare (corespunzătoare culorii roșii) mai ridicată decît cea a mediului ambiant. Acestea se vor păstra în vase ermetic închise ținute la temperaturi cuprinse între 0^0 și 10^0C, pentru a se evita degradarea lor.

Instalația experimentală

Instalația constă din blocul de realizare a fluxului termic **A** și cel de iluminare a pieselor **B** — (fig. 1).

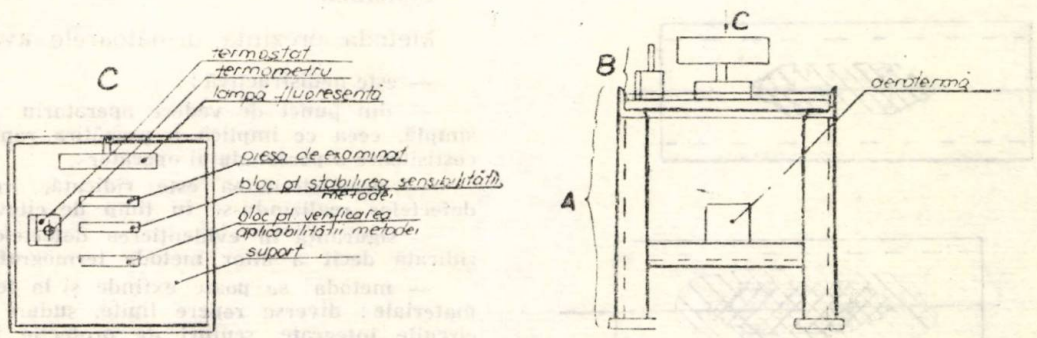


Fig. 1 Instalație destinată controlului pieselor metalizate.

Blocul **A** realizează încălzirea uniformă a suportului și menținerea acestuia la o temperatură nefluctuantă, prin intermediul unui termostat. Pentru observarea suprafeței examinate, piesa se iluminează prin intermediul blocului **B** cu ajutorul unei lămpi fluorescente.

milimetri. Blocurile sînt prevăzute cu orificii filetate, în care se introduc șuruburi de diferite dimensiuni. Sensibilitatea metodei se stabilește funcție de dimensiunile defectului artificial și de grosimea pe care s-a făcut metalizarea (fig. 2).

Desfășurarea controlului și interpretarea rezultatelor

Se așază piesa de examinat împreună cu blocul destinat verificării și stabilirii sensibilității metodei, precum și cu cel destinat verificării aplicabilității metodei, pe suportul iluminat cu ajutorul lămpii fluorescente. Se cuplează aeroterma urmărindu-se urcarea temperaturii suportului la valoarea $t + 3^0$C, unde t — reprezintă temperatura maximă de colorare (albastru) în domeniul vizibil al cristalului lichid cu care se lucrează. În acest moment termostatul din instalație va fi reglat în vederea decuplării aerotermei. Prin badijonare — în prealabil — se aplică pe suprafața piesei și a blocurilor cristalul lichid colesteric.

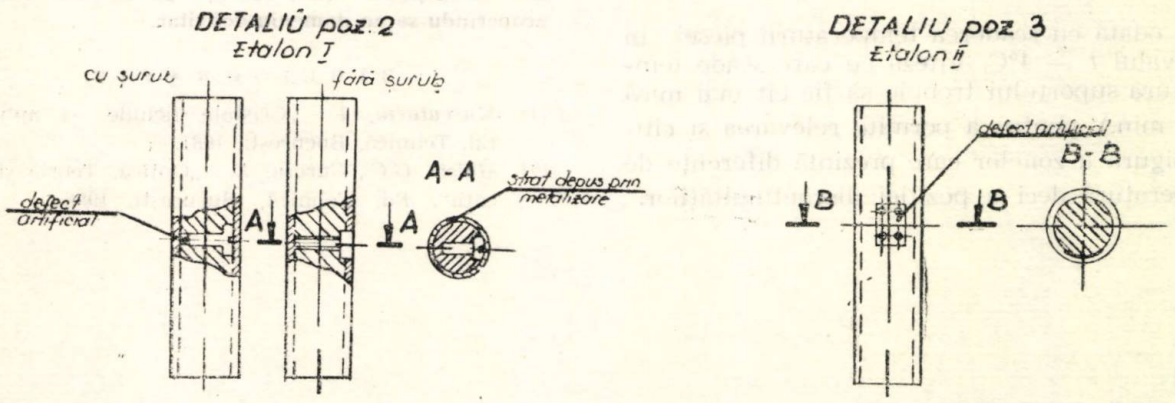


Fig. 2 Blocuri destinate stabilirii sensbilității și aplicabilității metodei.

Blocurile pentru verificarea aplicabilității metodei și cele destinate stabilirii sensibilității acesteia sînt confecționate din oțel și au depus prin metalizare un strat cu grosimea de cîțiva

Cînd temperatura suprafețelor examinate va fi de t, t — 4°C, stratul de cristal lichid va căpăta succesiv culoarea albastră, verde și respectiv roșie, așa cum se observă secvențial în

figurile 3 a, b, c, d. Zonele cu defecte prezentînd o conductivitate termică mai redusă, se vor colora succesiv primele în albastru, verde,

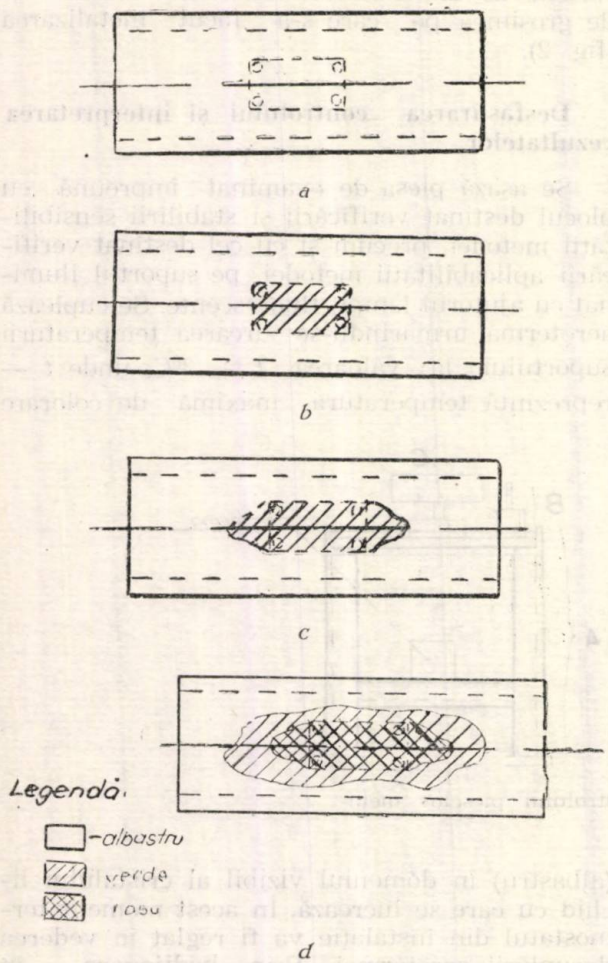


Fig. 3 Imagini secvențiale ale examinării blocului destinat stabilirii aplicabilității metodei.
a – secvența 1 ; b — secvența 2 ; c — secvența 3 ; d – secvența 4.

roșu, odată cu scăderea temperaturii piesei în intervalul t — 4°C. Viteza cu care scade temperatura suportului trebuie să fie cît mai mică (1°/5 min.), pentru a permite relevarea și citirea sigură a zonelor care prezintă diferențe de temperatură deci a poziției discontinuităților.

Se constată faptul că indicațiile de defect apar prin colorări diferite ale stratului de cristal. Astfel, în citirea și interpretarea rezultatelor, trebuie să apelăm la un atlas de culori în vederea stabilirii unei corespondențe judicioase între nuanțele coloristice și temperatura locului. Operatorii care lucrează în acest domeniu trebuie să nu fie daltoniști, bicromați ori monocromați, ci trebuie să fie tricromați, să poată distinge 120 + 150 tente diferite de culoare, la care se adaugă în jur de 20 culori purpurii „pure" (amestecuri de violet 400 nm cu roșu — 700 nm, situate pe linia π în diagrama culorilor) [2]. Experimentările au fost realizate în cadrul laboratorului de control nedistructiv al I.S.I.M. — Timișoara.

Concluzii

Metoda prezintă următoarele **avantaje** :

— este nedistructivă ;

— din punct de vedere operatoriu este foarte simplă, ceea ce implică o pregătire rapidă și puțin costisitoare a personalului operator ;

— productivitatea este ridicată, reprezentarea defectelor realizîndu-se în timp de cîteva minute ;

— siguranța în evidențierea defectelor este mai ridicată decît a altor metode termografice ;

— metoda se poate extinde și la testarea altor materiale : diverse repere lipite, suduri în puncte, circuite integrate, scuturi de protecție în industria aviatică ;

— costul examinărilor este mai scăzut decît în cazul celoralalte metode consumul energetic fiind mai redus;

— prin fotografierea suprafețelor examinate putem obține un document de control concludent ;

— instalația este construită din elemente ieftine, ușor de procurat ;

— controlul nedistructiv al pieselor examinate prin această metodă nu se poate executa prin metode convenționale (u.s, radiații penetrante, PM, LP) acoperindu-se un domeniu deficitar.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Muscutariu, I.* : „Cristale lichide și aplicații". Ed. Tehnică, București, 1981.

[2] *Moisil, G.C., Curatu, E.* : „Optică. Teorie și aplicații", Ed. Tehnică, București, 1986.

CZ : 620.179.142

Particularități ale controlului țevilor din oțeluri austenitice utilizînd metoda curenților turbionari

R. GRIMBEG, A. SAVIN, R. PLĂVĂNESCU, A. PLĂVĂNESCU, D. APĂVĂLOAIE — C.F.T. Iași

Introducere

Calitatea unui produs metalurgic este definită printr-un ansamblu de caracteristici geometrice (dimensiuni și aspect) și metalurgice (de continuitate a metalului, de proprietăți mecanice și de structură), proprii unei utilizări determinate. Condițiile de acceptare a produsului pot fi numeroase sau reduse, în funcție de destinația acestuia.

Prin defect al unui produs se înțeleg : abateri de la formă, dimensiuni, aspect exterior, macrostructură, microstructură, compoziție chimică, proprietăți mecanice și tehnologice prescrise în standarde, norme sau condiții contractuale.

Defectele produselor se pot constata vizual, sau cu ajutorul diverselor instrumente și aparate.

Una din cele mai eficiente posibilități de control al semifabricatelor de tipul țevi, bare, sîrme confecționate din materiale feromagnetice sau nemagnetice o prezintă metoda curenților turbionari.

Metoda are la origină fenomenul de inducție electromagnetică, descoperit de Faraday în 1831, dar adevărata sa dezvoltare are loc după 1950, odată cu apariția unui șir de lucrări aparținînd lui F. Förster.

Scopul acestei lucrări îl constituie prezentarea bazei fizice a metodei controlului prin curenți turbionari la țevi din oțel austenitic. Datele teoretice obținute sînt comparate cu măsurări efectuate pe țevi confecționate din oțel W 1.4435 de $\varnothing$ 20 × 1,2 mm. Pentru măsurări s-a utilizat instalația de defectoscopie, tip DEFECTOSCOP 7032, proiectată și realizată la C.F.T. Iași.

Calculul impedanței normalizate a traductorului

Traductorul utilizat în controlul cu curenți turbionari este o bobină prin care trece produsul de testat, sau care este introdusă în produsul de testat, cînd acesta este sub formă de țeavă.

Bobina se alimentează cu un curent electric alternativ de forma $i = i_0 e^{j\omega t}$, inducînd în produsul de testat curenți turbionari. În condițiile existenței unor discontinuități de material, propagarea curenților turbionari se modifică, conducînd la modificarea impedanței traductorului.

Pentru rezolvarea acestei probleme se pot imagina două metode : prin aflarea potențialului vector $\vec{A}$ și apoi cu ajutorul acestuia să se afle expresia fluxului magnetic și implicit expresia impedanței traductorului [1] și prin rezolvarea sistemului de ecuații Maxwell, cu condiții pe contur convenabil alese [2].

Prima metodă prezintă avantajul unei deosebite rigurozități matematice, dar rezultatele obținute devin greu de mînuit în aplicații practice concrete.

Cea de-a doua metodă are dezavantajul unei rigori matematice reduse, dar rezultatele obținute capătă o formă simplă și ușor de manevrat.

Considerăm bobina traductorului sub forma unui solenoid, materialul de controlat sub formă de țeavă fiind concentric cu bobina, cu o geometrie ca în figura 1.

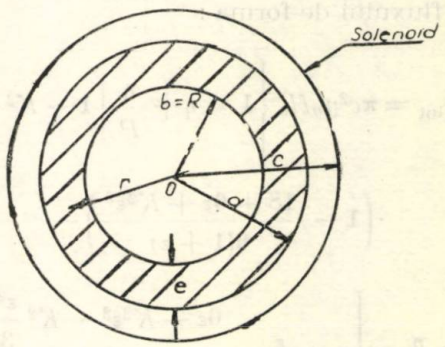


Fig. 1 Geometria traductor — țeavă de controlat.

Utilizînd o metodă similară cu cea prezentată în [2], obținem prin rezolvarea sistemului de ecuații Maxwell, următoarea ecuație pentru cîmpul magnetic în interiorul țevii de controlat :

$$\frac{d^2H}{dx^2} + \frac{1}{1+x}\frac{dH}{dx} - jK^2H = 0 \qquad (1)$$

unde :

$$x = \frac{r-R}{R}$$

(a se vedea semificația mărimilor din fig. 1)

$$K^2 = \omega\mu\sigma R^2$$

Cu toate că ecuația (1) este o ecuație de tip Bessel de ordin zero, a cărei soluție este bine cunoscută, utilizăm o dezvoltare de tip polinomial a soluției, oprindu-ne la termenii de ordin 4 :

$$H = A + Bx + C\frac{x^2}{2!} + D\frac{x^3}{3!} + E\frac{x^4}{4!} \quad (2)$$

Prin introducerea lui (2) în (1) și prin identificare se obțin următoarele valori de coeficienți :

$A = H_0$ — cîmpul în centrul țevii

$$B = J\,\frac{K^2}{2}H_0$$

$$C = J\,\frac{K^2}{2}H_0 \quad (3)$$

$$D = -\frac{K^4}{2}H_0$$

$$E = 0$$

Fluxul total în bobină poate fi scris ca o sumă de trei fluxuri magnetice : fluxul în aer, fluxul în țeavă și fluxul în mediul din interiorul țevii.

Făcînd toate calculele obținem în final expresia fluxului de forma :

$$\varnothing_{tot} = \pi c^2\mu_0 H_0\left\{1 - \eta + \frac{\eta}{P}\left[1 - K^2\frac{\varepsilon}{3}\cdot\right.\right.$$

$$\cdot\left(1 - \frac{18 + 6\varepsilon + K^2\varepsilon^2}{6(1+\varepsilon)}\right) - \quad (4)$$

$$\left.\left. - j\frac{\eta}{P}K\left[1 + \frac{\varepsilon}{2} - \frac{6\varepsilon - K^2\varepsilon^2 + K^2\frac{\varepsilon^2}{3}}{6(1+\varepsilon)}\right]\right]\right\}$$

unde :

$\eta = \left(\frac{R+e}{c}\right)^2$ — semnifică coeficientul de umplere :

$$\varepsilon = \frac{e}{R}$$

$$P = \left(1 - K^2\frac{\varepsilon}{3}\right)^2 + K^2\left(1 + \frac{\varepsilon}{2}\right)^2$$

Impedanța normalizată a bobinei (definită ca raportul dintre impedanța bobinei cu produsul de controlat și fără produsul de controlat) capătă forma :

$$Z_n = \frac{\eta}{P}K\left[1 + \frac{\varepsilon}{2} - \frac{6\varepsilon - K^2\varepsilon^2 + K^2\frac{\varepsilon^3}{3}}{6(1+\varepsilon)}\right] +$$

$$+ j\left\{1 - \eta + \frac{\eta}{P}\left[1 - K^2\frac{\varepsilon}{3}\cdot\right.\right. \quad (5)$$

$$\left.\left.\cdot\left(1 - \frac{18 + 6\varepsilon + K^2\varepsilon^2}{6(1+\varepsilon)}\right)\right]\right\}$$

Modificarea impedanței normalizate în funcție de discontinuitățile de material

În practica defectoscopiei cu curenți turbionari, reglarea aparaturii se face cu ajutorul unor defecte artificiale realizate pe o țeavă etalon. Aceste defecte sînt de tipul : canal exterior, circumferențial, canal interior circumferențial și gaură străpunsă. Dimensiunile geometrice ale canalelor și diametrul găurilor depind de normele după care se efectuează controlul.

Ne-am pus problema găsirii condițiilor optime de control, pentru aceasta trebuind să trasăm graficul :

$$f(I_m Z_n,\ R_e Z_n) = 0 \quad (6)$$

și să stabilim frecvențele de control adecvate, pentru a se obține un maximum de sensibilitate pentru fiecare tip de defecte artificiale.

Calculele au fost efectuate pentru o țeavă din oțel austenitic de tip W 1.4435, cu dimensiunile $\varnothing = 20 \times 1{,}8$ mm avînd conductibilitatea $\sigma = 1{,}16 \times 10^6$ s/m și $\mu_r = 1$.

Introducînd datele de mai sus în expresia (5) obținem în final :

$$R_e Z_n = \frac{0{,}6696\ f}{1 + 0{,}6944\ f^2}$$

$$I_m Z_n = 0{,}1 + \frac{0{,}9 + 0{,}06912\ f^2}{1 + 0{,}6944\ f^2} \quad (7)$$

pentru țeava din oțel W 1.4435 cu factor de umplere 0,9, unde f reprezintă frecvența de control exprimată în KHz.

Reprezentarea grafică a expresiei (7) se dă în figura 2.

Cu ajutorul acestei figuri, se poate optimiza operația propriu-zisă de control. Sensibilitatea va fi maximă în punctul în care tangenta la curbă devine paralelă cu axa $I_m Z_n$, ceea ce permite determinarea frecvenței de control.

Pentru țeava confecționată din oțel W 1.4435, frecvența optimă de control are valoarea 14,8 KHz.

În practică se lucrează cu frecvențe cuprinse între frecvența optimă și dublul frecvenței optime de control [3].

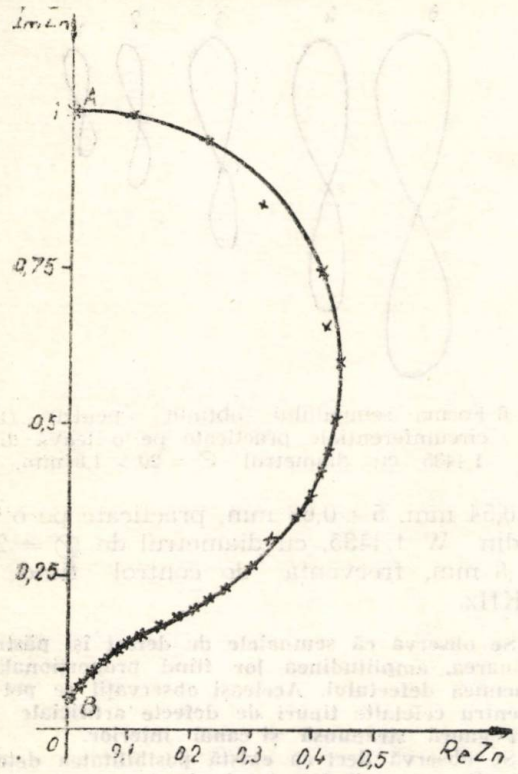


Fig. 2 Locul geometric al componentelor normalizate ale impedanței pentru o țeavă din oțel austenitic W 1.4435.

Tot în scopul optimizării teoretice a controlului, s-a calculat variația impedanței cauzate de prezența canalului exterior, interior și a găurii raportată la impedanța traductorului cu țeavă fără defect.

Datele au fost exemplificate pentru țeavă din oțel austenitic, dimensiunile defectelor artificiale fiind : lățimea canalului exterior 1,59 mm și adîncimea de 0,36 mm, lățimea canalului interior 3,18 mm și adîncimea de 0,18 mm și o gaură străpunsă de 1,32 mm. Aceste defecte sînt în concordanță cu defectele etalon descrise în [4].

Rezultatele obținute prin calcul sînt prezentate în figurile 3, 4 și 5.

Pentru evidențierea tipului de defect, se caută, de obicei prin experimentări, frecvența pentru care semnalul obținut de la un defect de tip canal interior să fie defazat cu 90° (în planul impedanțelor normalizate) față de tipul de canal exterior.

Aceasta se reduce la a calcula frecvența pentru care :

$$\vec{Z}_i \cdot \vec{Z}_e = 0 \qquad (8)$$

În final obținem frecvența ce asigură defazajul stabilit între semnalul provenit de la un canal interior și cel de la un canal exterior de 23,68 KHz, pentru țevile din oțel austenitic W 1.4435.

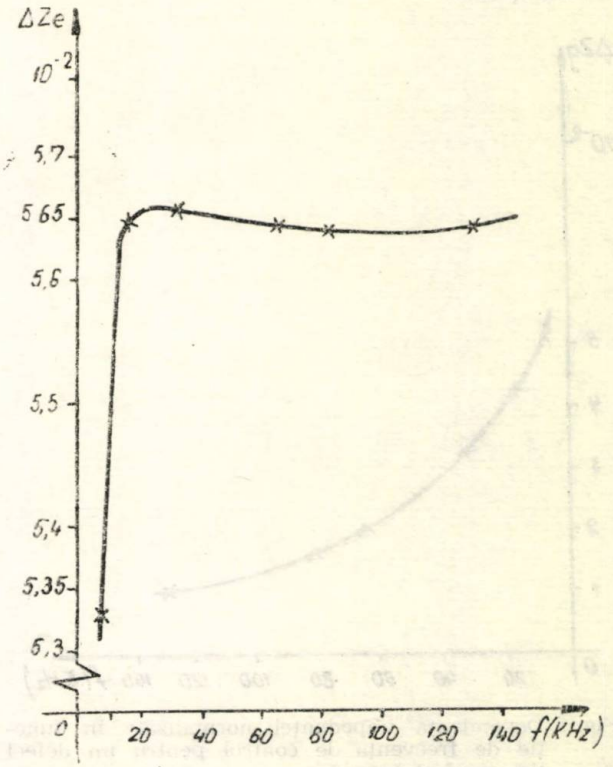


Fig. 3 Dependența impedanței normalizate în funcție de frecvența de control pentru un defect tip canal exterior.

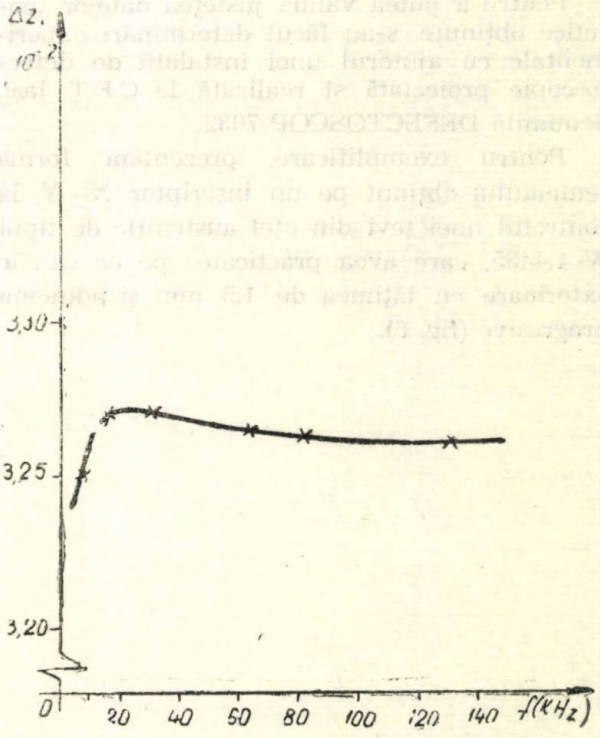


Fig. 4 Dependența impedanței normalizate în funcție de frecvența de control pentru un defect tip canal interior.

În aceste condiții, sensibilitatea la depistarea celor două tipuri de canale este suficientă, iar defectul de tip gaură străpunsă dă un semnal acceptabil.

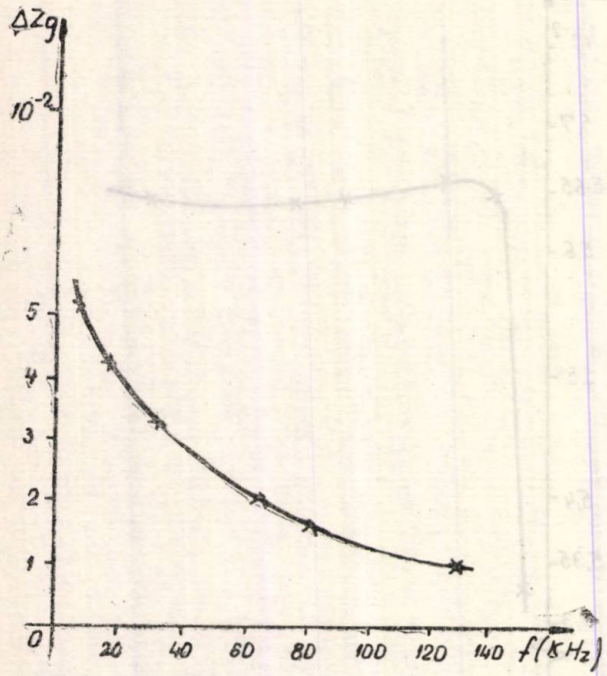


Fig. 5 Dependența impedanței normalizate în funcție de frecvența de control pentru un defect tip gaură străpunsă.

Rezultate experimentale

Pentru a putea valida justețea datelor teoretice obținute, s-au făcut determinări experimentale cu ajutorul unei instalații de defectoscopie proiectată și realizată la C.F.T. Iași, denumită DEFECTOSCOP 7032.

Pentru exemplificare, prezentăm forma semnalului obținut pe un inscriptor X—Y, la controlul unei țevi din oțel austenitic de tipul W 1.4435, care avea practicate pe ea canale exterioare cu lățimea de 1,5 mm și adincimi progresive (fig. 6).

Forma semnalului este obținută pentru canale circumferențiale cu lățimea de 1,5 mm și adîncimea de : 1÷0,27 mm, 2÷0,36 mm,

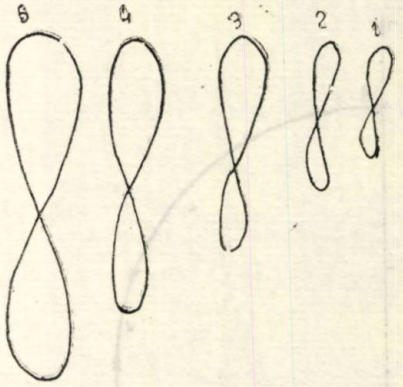


Fig. 6 Forma semnalului obținut pentru canale circumferențiale practicate pe o țeavă din W 1.4435 cu diametrul ∅ = 20 × 1,8 mm.

4÷0,54 mm, 5÷0,63 mm, practicate pe o țeavă din W 1.4435, cu diametrul de ∅ = 20 × × 1,8 mm, frecvența de control fiind de 30 KHz.

Se observă că semnalele de defect își păstrează înclinarea, amplitudinea lor fiind proporțională cu adincimea defectului. Aceleași observații se pot face și pentru celelalte tipuri de defecte artificiale cum ar fi gaură străpunsă și canal interior.

Se observă deci că există posibilitatea determinării atît a naturii defectului, cît și a penetrației lui. Datele teoretice obținute se verifică suficient de bine în practică, scutind încercări foarte numeroase.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Dodd, C.V., Deeds, W.E.*: Analytical Solutions to Eddy — Current Probe — Coil Problems — In J. App. Phys., vol. XXXIX, nr. 6, — 2829 — 2838 (1968).

[2] *Guerin, F.*: Étude particulière des courants de Foucault dans les tubes conducteurs non magnetiques — In Rev. Pratique de Cotrole Industriel nr. 97—103 (1979).

[3] *Cecco, V.S., von Drunen, G., Sharp, F.L.*: Manual on Eddy Curent Method vol I — AECL 7523, Canada 1981.

[4] x x x: A.S.M.E. Boiler and Pressure Vessel Code, Secțiunea V, articolul 8, S.U.A. — 1980.

CZ : 620.172/.174.251.1

Considerații asupra proprietăților de rezistență ale unor aliaje neferoase la temperaturi joase

Prof. dr. ing. Sever **ȘONTEA**, conf. dr. ing. Emil **CERNĂIANU**, asist. ing. Vîlcu **ROȘCA**, asist. ing. Daniela **TĂRĂȚĂ** — Universitatea Craiova
Dr. ing. Traian **FLEȘER** — I.S.I.M. Timișoara

Introducere

Se cunoaște din literatura de specialitate că aliajele neferoase prezintă proprietăți de tenacitate și plasticitate superioare oțelurilor, odată cu scăderea temperaturii de lucru [1].

Exigențele actuale ale relațiilor de cooperare internațională se referă și la calitatea materialelor încorporate în produse.

În lucrarea de față se prezintă rezultatele cercetărilor experimentale făcute în cadrul Universității din Craiova, în colaborare cu I.S.I.M. Timișoara, pentru o serie de metale și aliaje neferoase dintre care amintim : aliajele de aluminiu Al Mg 3, Al Mg Si (anticorodal), cuprul laminat, alama laminată (Cu Zn 30) : aceste materiale sînt utilizate curent in industria eletrotehnică, pentru fabricația motoarelor și locomotivelor electrice, a transformatoarelor electrice și a aparatajului electric de medie și înaltă tensiune. O parte din acestea au fost testate pînă la temperaturi de —20°C cu rezultate satisfăcătoare, dar există însă situații cînd produsele respective sînt utilizate la temperaturi inferioare acestei valori, motiv care a determinat necesitatea acestei lucrări.

Ne referim la locomotivele ce lucrează în R.P. Polonă, la motoarele electrice și transformatoarele electrice destinate Uniunii Sovietice, la aparatajul electric de medie și înaltă tensiune care lucrează, de asemenea, în Uniunea Sovietică și R.P. Polonă.

Aceste garanții sînt necesare și pentru produsele ce lucrează în țară, deoarece în ultimii ani s-au înregistrat temperaturi inferioare valorii de —20°C.

În standardele curente sînt prezentate proprietățile mecanice ale respectivelor aliaje la temperatura mediului ambiant, fără a se face referiri în legătură cu comportarea acestora la temperaturi scăzute.

Experimentări

În cadrul cercetărilor au fost studiate metalele și aliajele cu compoziția chimică indicată în tabelul 1. Compoziția chimică a fost determinată prin analize chimice cantitative.

Din punct de vedere mecanic și ținînd cont de starea de livrare, aceste materiale, după standardele în vigoare, sînt garantate pentru proprietățile mecanice la temperatura mediului ambiant, arătate în tabelul 2.

Pentru încercări au fost utilizate epruvete standardizate conform STAS 200-75 și STAS 1400-75, prezentate în figura 1 și figura 2.

Compoziția chimică a aliajelor studiate

Tabelul 1

Nr. crt.	Marca aliajului	Compoziția chimică [%]										
		Cu	Zn	Mg	Mn	Al	Si	Fe	Ti	Sn	Cr	Pb
1	Alamă (Cu Zn 30)	68,5 71,5	Rest	—	max. 0,05	max. 0,02	—	max. 0,1	—	max. 0,05	—	max. 0,05
2	Al Mg 3	max. 0,05	max. 0,2	2,7-3,5	0,1-0,4	Rest	max. 0,5	max. 0,5	max. 0,2	—	max. 0,3	—
3	Al Mg Si	max. 0,1	max. 0,2	0,4-0,9	max. 0,3	Rest	03-0,7	max. 0,5	max. 0,2	—	max. 0,1	—
4	Cupru E	99,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Proprietățile mecanice ale aliajelor studiate garantate de standarde la temperatura mediului ambiant

Tabelul 2

Nr. crt.	Material	Stare de livrare	$R_{p0,2}$ N/mm²	R_m N/mm²	A [%] alungire	HB min. (inform.)	Obs.
1	Al Mg 3	O	80	180	7	45	
2	Al Mg Si	TF	98	157	10	70	
3	Cu Zn 30	HB	—	420—520	12	130	
4	Cu E	HA	—	240	10	—	

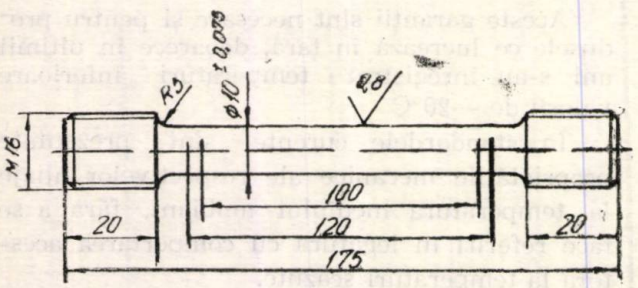


Fig. 1 Epruvetă pentru încercarea la tracțiune.

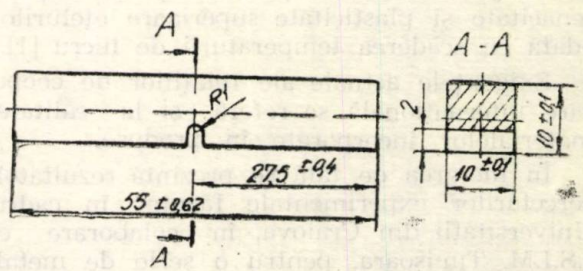


Fig. 2 Epruvetă pentru încercarea la reziliență.

Rezultatele încercărilor pentru cuprul laminat

Tabelul 3

Temperatura de încercare [°C]	Nr. epruvetei	Caracteristici mecanice determinate									
		$R_{p0,2}$ [N/mm²]		R_m [N/mm²]		A_{10} [%]		Z [%]		KCU [J/cm²]	
		Val.	Media	Val.	Media	Val.	Media	Val.	Media	Val.	Media
20	1	224	225	244	246	26	26	84	83,50	196	197
	2	226		248		26		83		198	
	3										
	4										
0	1	225	226	264	259,66	26	26,33	84	83,66	200	198
	2	227		261		27		83		186	
	3	226		254		26		84		208	
	4										
—20	1	232	230	272	269,33	26	26	81	82,33	210	205
	2	229		266		26		83		198	
	3	229		270		26		83		207	
	4										
—40	1	235	233,33	273	275,33	27	27	82	80,66	205	207
	2	231		277		27		79		209	
	3	234		276		27		81		207	
	4										
—60	1	238	236	284	279,66	31	29	77	79	213	212,66
	2	233		277		27		81		212	
	3	237		278		29		79		213	
	4										

Probele au fost prelevate din semifabricate pe direcția de deformare, la o distanță suficientă de marginea semifabricatului, conform STAS 8394-69.

Epruvetele au fost confecționate numai prin așchiere cu regimuri de lucru care să nu influențeze termic materialul, iar rectificarea s-a realizat cu pînză abrazivă, evitînd crearea de rizuri transversale. Rugozitatea obținută a fost de 0,8 μm.

Prin încercările mecanice statice, s-au urmărit următoarele caracteristici : limita de curgere, rezistența de rupere la tracțiune, alungirea relativă și gîtuirea la temperaturile mediului ambiant de 20°C și la temperaturi de 0°C, —20°C, —40°C și —60°C. Dinamic s-a determinat reziliența, prin încercarea la încovoiere prin șoc, la aceleași temperaturi.

Toate încercările s-au efectuat pe o mașină universală de încercat, adaptatibilă și pentru încercări la temperaturi joase.

Cuprul laminat. Rezultatele încercărilor pentru cuprul laminat sînt arătate în tabelul 3.

Materialul analizat prezintă valori superioare față de standard pentru rezistența la rupere și alungirea relativă. Din datele tabelului 3 se observă că proprietățile mecanice statice prezintă creșteri importante în ceea ce privește limita de curgere, rezistența la rupere și alungirea relativă și o ușoară scădere la gîtuirea specifică.

Evoluția acestor proprietăți între temperatura de +20°C și de —60°C se evidențiază prin următoarele creșteri : limita de curgere —5%, rezistența la rupere —14%, alungirea relativă — 11% în timp ce gîtuirea specifică prezintă o scădere cu 18%, adică de la media de 83,5% la + 20°C, la media de 79% la —60°C.

În ceea ce privește reziliența, creșterile sînt evidente astfel că la —60°C reziliența este mai mare cu 8% față cea de la temperatura de +20°C.

La încercările efectuate pentru acest material, se înregistrează o distribuție uniformă a valorilor, fără distorsiuni sau puncte cu valori depărtate de medie.

Alama (Cu Zn 30). Rezultatele încercărilor sînt arătate în tabelul 4.

Materialul analizat prezintă la +20°C rezistența la rupere de 444 N/mm², față de 420 N/mm² prevăzut în standard, și o alungire relativă de 25,5% față de 12% în standard.

Rezultatele încercărilor pentru alama laminată

Tabelul 4

Temperatura de încercare [°C]	Nr. epruvetei	Caracteristici mecanice determinate									
		$R_{p0,2}$ [N/mm²]		R_m [N/mm²]		A_{10} [%]		Z [%]		KCU [J/cm²]	
		Val.	Media	Val.	Media	Val.	Media	Val.	Media	Val.	Media
20	1	244	240	447	444,5	25	25,5	30	25,5	22	25
	2	236		442		26		21		29	
	3									24	
	4										
0	1	268	267,33	457	456	30	30	39	36	32	28
	2	268		454		31		38		26	
	3	266		457		29		31		26	
	4										
—20	1	263	271	461	458,66	27	26,33	39	36	28	26,33
	2	270		456		26		33		26	
	3	280		459		26		36		25	
	4										
—40	1	279	281,33	458	466,66	28	27,66	42	37,33	27	25
	2	280		467		27		36		24	
	3	285		475		28		37		24	
	4									25	
—60	1	269	279,33	465	464	24	26,33	34	37	21	22
	2	280		463		26		44		22	
	3	289		464		29				22	
	4									23	

Rezultatele încercărilor pentru aliajul Al Mg 3

Tabelul 5

Temperatura de încercare [°C]	Nr. epruvetei	Caracteristici mecanice determinate									
		$R_{p0,2}$ [N/mm²]		R_m [N/mm²]		A_{10} [%]		Z [%]		KCU [J/cm²]	
		Val.	Media	Val.	Media	Val.	Media	Val.	Media	Val.	Media
20	1	76	75	211	219,33	26	24,66	52	58,66	71	73
	2	78		224		23		65		69	
	3	71		223		25		59		79	
	4										
0	1	77	77	212	211,66	25	25,66	55	56,33	84	79,66
	2	78		212		26		56		83	
	3	76		211		26		58		72	
	4										
—20	1	80	77,66	215	212,66	25	25	54	58,33	79	80,66
	2	76		212		24		61		80	
	3	77		211		26		60		83	
	4										
—40	1	81,2	79,7	213	215,33	27	26,33	58	59	77	81
	2	79		212		27		59		80	
	3	79		221		25		60		83	
	4									84	
—60	1	86	81,25	211	212	26	25,75	63	63	79	79,75
	2	79		212		25		62		78	
	3	81		212		26		62		79	
	4	79		213		26		65		83	

Rezultatele încercărilor mecanice prezintă, în cazul alamei, creșteri la —60°C față de +20°C, pentru limita de curgere și rezistența la rupere. Astfel, limita de curgere crește de la media de 240 N/mm² la 279 N/mm², adică cu 15%. Aceeași evoluție pentru rezistența la rupere care crește de la 444 N/mm² la +20°C, pînă la 465 N/mm² la —60°C, adică cu aproape 5%.

Alungirea relativă prezintă o evoluție diferită, adică crește pînă la temperatura de —40°C, unde prezintă un maximum și în continuare începe să scadă, astfel că la temperatura de —60°C valorile sînt apropiate de cele identificate la temperatura de +20°C.

Aceeași evoluție se înregistrează și pentru gîtuirea relativă care prezintă valori maxime la —40°C.

Rezilienta se înscrie în evoluția proprietăților care semnifică plasticitatea, respectiv limita de curgere și rezistența la rupere. Ea prezintă creșteri cu valori maxime la 0°C, după care începe să scadă la —20°C, —40°C și —60°C. La —40°C se înregistrează valoarea medie obținută la +20°C.

Autorii consideră această comportare neuniformă, cu distorsiuni între plajele temperaturilor studiate, datorită prezenței zincului, metal cu influență asupra tenacității [2].

Aliajul Al Mg 3. Rezultatele încercărilor mecanice pentru acest aliaj sînt arătate în tabelul 5.

Aliajul înregistrează o limită de curgere inferioară prevederilor din STAS la temperatura de +20°C, adică 75 N/mm² față de 80 N/mm², în timp ce rezistența la rupere pentru aceeași temperatură este 219 N/mm², față de 180 N/mm², prevăzută în STAS, iar alungirea relativă 58% față de 7%.

Aliajul înregistrează proprietăți apropiate la temperaturi joase față de mediul ambiant cu creșteri aproape nesemnificative. De asemenea, se remarcă variații mai vizibile între valorile aceleiași temperaturi, pentru anumite caracteristici ca de exemplu: rezistența la rupere la —40°C are două valori apropiate 212 N/mm² și 213 N/mm², în timp ce a treia are valoarea de 221 N/mm².

Din încercările efectuate pentru limita de curgere și gîtuirea relativă, cele mai bune comportări se înregistrează la temperatura de —60°C, în timp ce rezistența la rupere și alungirea relativă sînt maxime la temperatura de —40°C.

Rezultatele încercărilor pentru aliajul Al Mg Si *Tabelul 6*

Temperatura de încercare [°C]	Nr. epruvetei	Caracteristici mecanice determinate								
		$R_{p0,2}$ [N/mm²]		R_m [N/mm²]		A_{10} [%]		Z [%]		KCU [J/cm²]
		Val.	Media	Val.	Media	Val.	Media	Val.	Media	Media
20	1	384	379,66	523	520	12	11	19	15,33	18
	2	381		517		12		15		18
	3	374		520		9		12		18
	4									
0	1	389	384	525	521	11	10,66	17	17,33	19,66
	2	379		523		10		16		19
	3	384		515		11		19		20
	4									
—20	1	387	392,75	524	522,25	9	10,5	15	17,5	20
	2	391		524		10		19		20
	3	393		514		12		19		21
	4	400		527		11		17		
—40	1	388	390,5	518	522,25	11	10,0	15	15	21
	2	391		528		10		13		22
	3	392		520		9		17		21
	4	391		524		10		15		
—60	1	391	398,25	519	527	11	10,5	19	15,5	20,66
	2	396		526		10		15		20
	3	403		527		10		13		21
	4	403		536		11		15		

Rezilienţa cunoaşte creşteri importante, atingînd valori maxime la —40°C, cu toate că la aproape toate temperaturile negative se înregistrează valori unitare ridicate, de 83 J/cm², faţă de 73 J/cm² la temperatura mediului ambiant.

Autorii consideră că această situaţie este provocată de neomogenitatea chimică în ceea ce priveşte magneziul şi impurităţile din acest aliaj.

Aliajul Al Mg Si (anticorodal). Rezultatele încercărilor sînt redate în tabelul 6.

Aliajul are la +20°C limita de curgere 379 N/mm², faţă de numai 98 N/mm² în standard, rezistenţa la rupere de 520 N/mm² faţă de 157 N/mm², însă alungirea relativă numai de 11% faţă de 10% prevăzut în standard.

Pe măsură ce scade temperatura, limita de curgere şi rezistenţa la rupere prezintă uşoare creşteri atingînd valori maxime la —60°C, unde valorile medii faţă de +20°C sînt cu 2,4% mai mari pentru limita de curgere şi 1,3% — pentru rezistenţa la rupere.

Alungirea relativă prezintă aproape aceeaşi evoluţie, cu o tendinţă uşoară de creştere la —40°C. Acelaşi comportament îl prezintă gîtuirea unde însă tendinţa de creştere o înregistrează la —60°C.

Rezilienţa creşte la 0°C faţă de +20°C şi păstrează valorile medii de la 0°C, cu o uşoară tendinţă de creştere la —60°C.

Concluzii

Toate cele patru metale şi aliaje neferoase studiate au proprietăţi mecanice corespunzătoare, pentru a fi utilizate pînă la temperaturi de —60°C.

Cele mai uniforme corelaţii le înregistrează cuprul, în afara proprietăţii de gîtuire.

Cele mai apropiate valori ale proprietăţilor faţă de temperatura mediului ambiant le are aliajul Al Mg 3.

La alamă se înregistrează cele mai bune comportări la temperatura de —40°C.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Şontea, S.:* Cercetarea factorilor metalurgici şi tehnologici care influenţează sudarea unor aliaje de aluminiu de înaltă rezistenţă de tip Al-Zn-Mg. Teză de doctorat, Institutul politehnic „Traian Vuia" Timişoara, 1969.

[2] *Şontea, S., Zaharia, N., Vlădoi, M.:* Metale şi aliaje neferoase de turnătorie. Editura „Scrisul Românesc", Craiova, 1981.

[3] *Stamatescu, C., Peculea, M., ş.a.:* Criogenie tehnică. Editura tehnică, Bucureşti, 1982.

[4] *Atanasiu, C., ş.a.:* Încercarea materialelor, vol. I, Editura tehnică, Bucureşti, 1982.

CZ: 620.178.322 : 621.791.3.052 : 621 : 314

Încercarea la oboseală prin încovoiere plană a îmbinărilor elementelor din cupru, lipite prin aliaje cu argint

Conf. dr. ing. Emil **CERNĂIANU**, prof. dr. ing. Sever **ȘONTEA**,
asist. ing. Gheorghe **VĂDUVOIU**, asist. ing. Vîlcu **ROȘCA** — Universitatea Craiova

Introducere

Dezvoltarea fără precedent a industriei electrotehnice, ca de altfel a tuturor ramurilor economiei naționale, impune și consumuri sporite de materiale și energie. Ca urmare, se impune, totodată, ca printr-o activitate susținută de cercetare științifică să se elaboreze și să se introducă în producție tehnologii cu randamente ridicate, asigurîndu-se diminuarea consumului energetic pe unitatea de venit național cu peste 20% în 1990, față de 1985, de asemenea, micșorarea substanțială a consumului de metale neferoase atît în industria electrotehnică cît și în celelalte ramuri.

Pentru a transpune în realitate acest deziderat s-a luat în studiu reducerea consumului de aliaje cu argint folosit la lipirea conexiunilor de la transformatoarele fabricate de Întreprinderea „Electroputere" Craiova.

În prezent, conexiunile la transformatoare se lipesc cu flacără oxiacetilenică, utilizîndu-se ca material de adaos aliajul B Cu 82 Ag P 650—800, STAS 8971—80, prezentat sub forma unor bare de secțiune pătrată (5 × × 5 mm²).

Lipirea cu aliajul conținînd 15% Ag se realizează prin încălzirea la roșu a materialului de bază și depunerea, prin atingerea materialului de bază, a aliajului de lipit, care pătrunde prin capilaritate în interstițiul dintre piese. Apoi se execută o răcire forțată cu apă a îmbinării, pentru a permite operatorului un acces mai comod în zona următoarei conexiuni. Ca urmare, se produce o scădere pronunțată a rezistenței materialelor în zonele încălzite și apoi răcite brusc.

În vederea determinării posibilității de înlocuire a aliajului B Cu 82 Ag P 650—800 STAS 8971-80, cu un aliaj mai sărac în argint (2÷÷3% Ag), s-au executat cîte opt probe lipite cu aliaj avînd 15% Ag și opt probe cu aliaj de 2% Ag.

Probele s-au realizat din cupru laminat prin așchiere, iar lipirea probelor s-a făcut de către personalul specializat din secția Transformatoare I.E.P.C., beneficiarul acestui studiu.

Încercările mecanice de tracțiune, forfecare, duritate, rezilienă etc., precum și analize microscopice s-au făcut atît în cadrul laboratoarelor facultății de Mecanică, cît și la I.C.T.M. „Electroputere", în condițiile atmosferei ambiante conform STAS 6300-64.

Pentru tracțiune s-au confecționat epruvete cu porțiunea calibrată cilindrică (fig. 1), iar rezultatele încercării pot fi urmărite în tabelul 1.

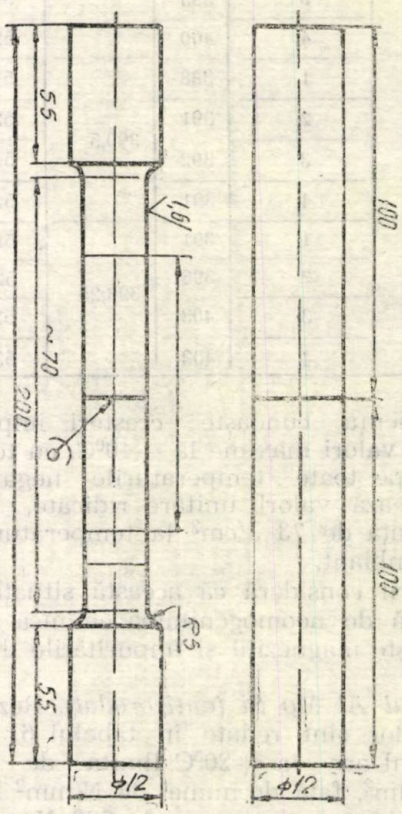


Fig. 1 Epruvetă lipită pentru solicitarea la tracțiune.

Determinarea rezistenței la oboseală

Pentru aprecierea rezistenței la oboseală prin încovoiere plană, s-a folosit mașina de încercat la oboseală tip MOIPT-150 (fig. 2).

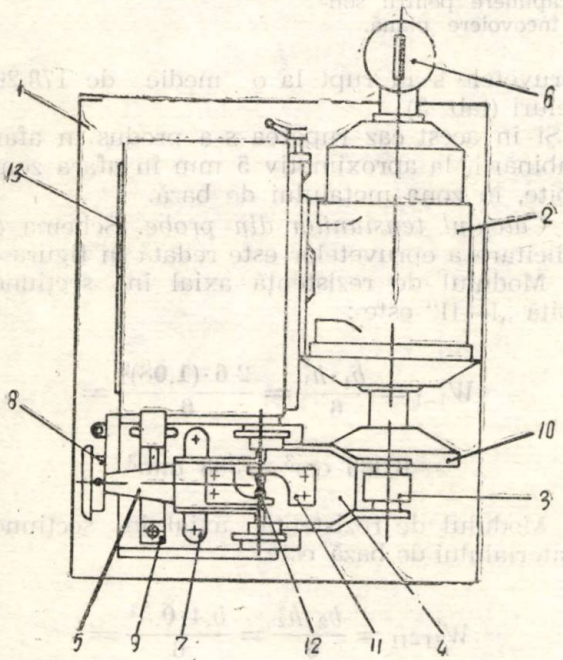
Încercarea la oboseală, s-a făcut, în special, pentru a vedea cum se comportă lipitura la vibrațiile ce apar în transformatoare. Forma și dimensiunile epruvetei pot fi urmărite în figura 3.

Rezultatele încercării la tracțiune a probelor lipite cu aliaje conținînd 15% Ag și 2% Ag

Tabelul 1

Tip epruvetă	Nr. epr.	Fr [daN]	Lr [mm]	Rm [N/mm²]	A_5 [%]	Rm *med* [N/mm²]	A_5 *med* [%]	Obs.
0	1	1510	72,7	192,2	45,4	192,5	43	Rupt în M.B.
	2	1515	70,3	192,8	40,6			
	3	1300	64,2	165,5	28,4			
(15% Ag)	4	1360	68,2	173,3	36,4	169,3	32,4	Rupt în lipitură
	5	—	—	—	—			
1	1	785	54,4	99,9	8,8	99,9	8,8	Rupt în lipitură
	2	1750	91,5	222,8	83,0			
	3	1675	81	213,2	62,0			
(2% Ag)	4	1705	89	217,1	78,0	217,37	74,0	Rupt în mat. bază
	5	1700	86,5	216,4	73,0			

Îmbinarea cu aliajul de lipit conținînd 2% Ag. Regimul de solicitare a fost alternant si-



1. Batiu
2. Motor electric
3. Bielă
4. Braț de antrenare
5. Braț de măsurare
6. Numărător de turație
7. Resort dinamometric
8. Clește comparatoare
9. Microîntreruptător
10. Excentric
11. Brațe speciale pentru fixarea epruvetei solicitate la torsiune
12. Epruvetă
13. Pinou de comandă

Fig. 2 Mașină de încercat la oboseală prin încovoiere plană, tip MOIPT — 150.

metric cu amplitudinea 2 mm și sarcina de ±75 N.m.

În aceste condiții încercarea a durat 700000 cicluri, fără să intervină ruperea celor opt epruvete. Păstrînd aceeași sarcină s-a mărit amplitudinea ciclului la 5 mm și s-a continuat încercarea pînă la 1.000.000 cicluri, fără să se producă ruperea nici în aceste condiții a vreunei epruvete. S-a mărit apoi amplitudinea de solicitare la 7 mm, cînd la o medie de 194.400 cicluri epruvetele s-a rupt în afara îmbinării, la o distanță de aproximativ 5 mm spre capătul situat la excentricul de solicitare așa cum se observă în figura 3 și tabelul 2.

Numărul de cicluri de solicitare pentru epruvete lipite cu aliaj conținînd 2% Ag

Tabelul 2

Nr. epr.	Amplitudinea ciclului alternant simetric [mm]			Obs.
	2	5	7	
1	700.000	1.000.000	194.100	
2	700.000	1.000.000	194.400	
3	700.000	1.000.000	194.500	
4	700.000	1.000.000	194.200	
5	700.000	1.000.000	194.600	
6	700.000	1.000.000	194.700	
7	700.000	1.000.000	194.400	
8	700.000	1.000.000	194.300	
med.	700.000	1.000.000	194.400	

În secțiunea de rupere se observă o zonă lucioasă, cu granulație fină, caracteristiccă ruperii prin oboseală, pe suprafața unde s-a început ruperea, și o zonă de rupere bruscă cu granulație grobă pe restul secțiunii de aproximativ 40% (fig. 3).

Îmbinare cu aliajul de lipit conținînd 15% Ag. Pentru încercare s-a folosit aceeași metodă, același număr de epruvete cu aceleași condiții de încercare. Cele opt epruvete au fost solicitate la 700000 cicluri alternant simetrice cu amplitudinea de 2 mm fără să se rupă, la 1.000.000 cicluri cu amplitudinea de 5 mm fără să apară ruperea, iar la amplitudine de 7 mm, epruvetele s-au rupt la o medie de 178.200 cicluri (tab. 3).

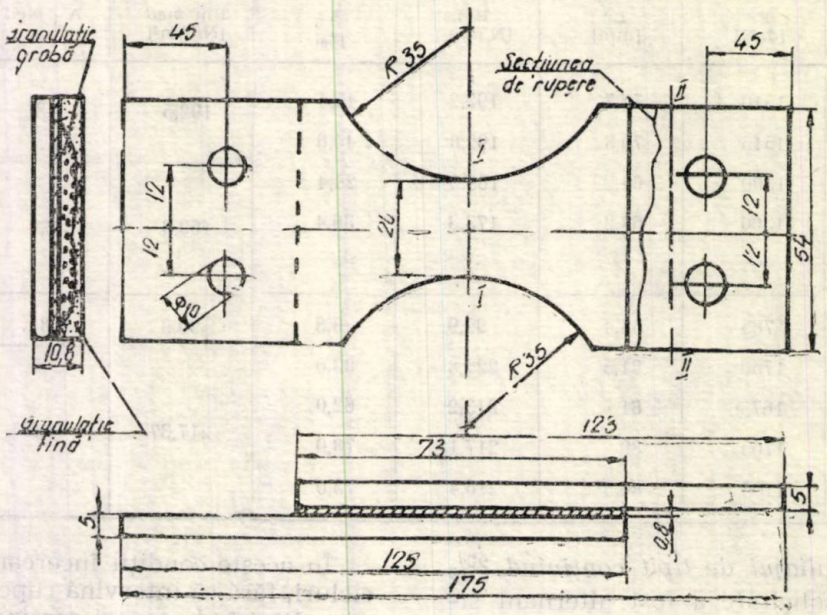


Fig. 3 Epruvetă lipită prin suprapunere pentru solicitarea la oboseală prin încovoiere plană.

Numărul de cicluri de solicitare pentru epruvete lipite cu aliaj conținînd 15% Ag

Tabelul 3

Nr. epr.	Amplitudinea ciclului alternant simetric [mm]			Obs.
	2	5	7	
1	700.000	1.000.000	178.300	
2	700.000	1.000.000	178.200	
3	700.000	1.000.000	178.400	
4	700.000	1.000.000	178.100	
5	700.000	1.000.000	178.100	
6	700.000	1.000.000	178.000	
7	700.000	1.000.000	178.200	
8	700.000	1.000.000	178.300	
med.	700.000	1.000.000	178.200	

Și în acest caz ruperea s-a produs în afara îmbinării, la aproximativ 5 mm în afara zonei lipite, în zona metalului de bază.

Calculul tensiunilor din probe. Schema de solicitare a epruvetelor este redată în figura 4.

Modulul de rezistență axial în secțiunea lipită „I—II" este :

$$W_{I-I} = \frac{b_1 \cdot h_1^2}{6} = \frac{2{,}6 \cdot (1{,}08)^2}{6} =$$

$$= 0{,}388 \text{ cm}^3 = 388 \text{ mm}^3$$

Modulul de rezistență axial în secțiunea materialului de bază este:

$$W_{II-II} = \frac{b_2 \, h_2^2}{6} = \frac{5{,}4 \cdot 0{,}5^2}{6} =$$

$$= 0{,}225 \text{ cm}^3 = 225 \text{ mm}^3$$

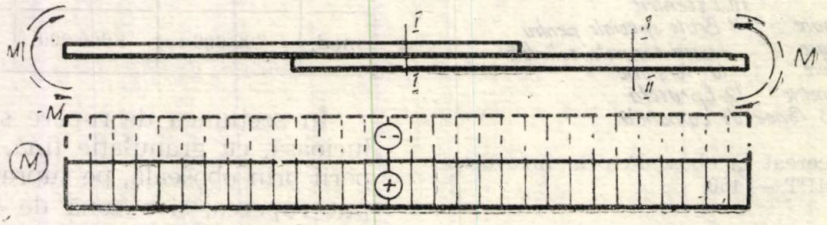


Fig. 4 Schema de solicitare la încovoiere a epruvetei lipite.

Din gama de arcuri dinamometrice ale mașinii s-a ales arcul nr. III care dezvoltă un moment de solicitare de 10—40 N.m.

La amplitudinea de 7 mm a ciclului alternant simetric, amplitudine la care se produce ruperea epruvetei, s-au înregistrat — folosind două ceasuri comparatoare cu valoarea diviziunii 0,01 mm — deformațiile resortului ±170 diviziuni, ceea ce corespunde din tabelul de etalonare al arcului valorii momentului de solicitare de 37.10^3 N.mm.

Cu aceste valori se pot calcula tensiunile în cele două secțiuni:

$$\sigma_I = \frac{M_{max}}{W_{I-I}} = \frac{37 \cdot 10^3}{388} = 95{,}2 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{II} = \frac{M_{max}}{W_{II-II}} = \frac{37 \cdot 10^3}{225} = 164{,}4 \text{ N/mm}^2$$

Concluzii

Din încercările la tracțiune efectuate se constată că folosirea aliajului de lipit cu 2% Ag conduce la valori ale tensiunii la rupere comparabile cu cele determinate la epruvetele lipite cu aliaj conținînd 15% Ag, pentru probele la care ruperea s-a produs în lipitură, pe cînd la epruvetele rupte în materialul de bază (MB), tensiunile la rupere au valori apropiate (tab. 1).

La încercările la oboseală, la toate epruvetele (atît cele lipite cu aliaj conținînd 2% Ag cît și cele cu 15% Ag), ruperea s-a produs în materialul de bază ceea ce arată că se poate folosi eficient aliajul de lipit cu 2% Ag, realizîndu-se o economie de 13% Ag pentru aliajul de lipire, fără să existe pericolul ruperii în lipitură, atît pentru solicitările statice cît și pentru cele dinamice.

De asemenea nu există pericolul ruperii prin dezlipire a conexiunilor, datorită vibrațiilor ce apar în funcționarea transformatoarelor, care sînt comparabile cu încercările la oboseală prin încovoiere plană, într-un ciclu alternant simetric cu amplitudinea de 2 mm.

BIBLIOGRAFIE

[1] *Atanasiu, C. ș.a.:* Încercarea materialelor, vol. I Editura tehnică, București, 1982.

[2] *Buzdugan, Gh.:* Calculul de rezistență la solicitări variabile, Editura tehnică, București, 1965.

[3] x x x: Cartea mașinii de încercat la oboseală prin încovoiere plană — tip MOIT — 150.

[4] x x x: STAS 5878-77 — Încercările metalelor. Încercarea la oboseală prin încovoiere rotativă.

CZ: 620.16 : 620.170/.176 : 621.791.3.052

Considerații asupra standardizării încercărilor mecanice și tehnologice ale îmbinărilor lipite

Prof. dr. ing. Sever **ȘONTEA**, conf. dr. ing. Emil **CERNĂIANU**, asist. ing. Gheorghe **VĂDUVOIU**, asist. ing. Tiberiu **PÎRVULESCU** — Universitatea Craiova

Introducere

Lipirea tare a conexiunilor transformatoarelor de forță se face în prezent cu aliaje de lipit cu un conținut de 15% Ag, material deficitar pentru economie. Pentru înlocuirea acestui aliaj cu un altul mai sărac în argint au fost efectuate cercetări experimentale solicitate de Intreprinderea „Electroputere" Craiova. S-a cerut stabilirea comportării tehnologice și a proprietăților mecanice ale îmbinărilor lipite, comparativ între aliajul cu 15% Ag și un altul avînd 2,3% Ag și 5,44% P (acesta avînd rolul de a compensa fluiditatea în timpul lipirii). Cu ocazia încercărilor mecanice și tehnologice, pe baza standardelor în vigoare, s-au întîmpinat dificultăți din punct de vedere al realizării practice a probelor pentru experimentele care se descriu în această lucrare. Principala cauză a dificultăților ivite a constituit-o fluiditatea deosebit de ridicată a aliajelor de lipit studiate.

Experimentări

Încercările la care se fac referiri sînt următoarele:

A. Încercarea metalului depus pentru lipire tare, conform STAS 9018-71.

B. Încercarea pentru determinarea rezistenței convenționale la aderență a metalului depus prin lipire tare conform STAS 9019-71.

Pentru celelalte încercări și anume:

— încercarea de rupere la tracțiune a probelor de îmbinare lipite cap la cap conform STAS 10897/1-77;

— încercarea la forfecare a probelor de îmbinare lipite din table suprapuse conform STAS 10897/2-77;

— încercarea de încovoiere prin șoc a îmbinărilor executate prin lipire tare conform STAS 10897/3-77;

— determinarea înălțimii de ridicare prin capilaritate conform STAS 12126-82;

executarea probelor conform indicațiilor din standarde nu a ridicat probleme.

Încercarea metalului depus pentru lipire tare. Conform STAS 9018-71, epruveta pentru încercare avea forma și dimensiunile din figura 1.

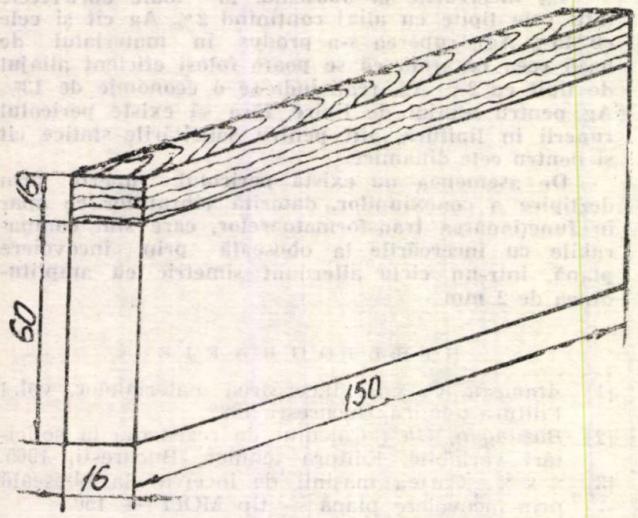


Fig. 1 Proba pentru încercarea metalului depus prin lipire tare după STAS 9018-71.

Întrucît, în urma încercărilor repetate, nu s-a reușit depunerea unei înălțimi de 16 mm pe

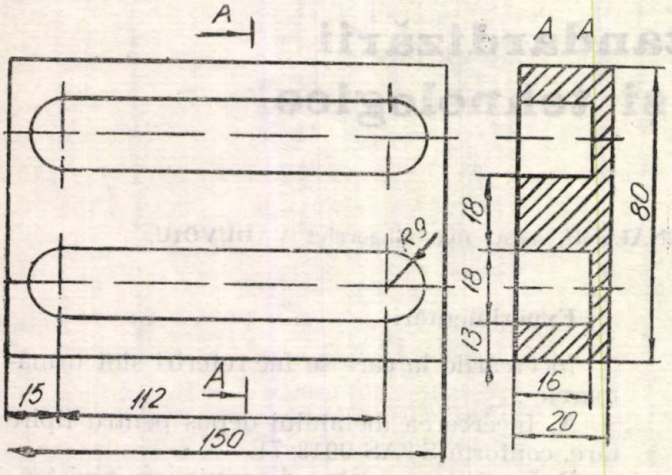


Fig. 2 — Proba executată prin așchiere pentru încercarea metalului depus prin lipire tare.

suportul din cupru, conform prevederilor din standard, pentru realizarea încercării s-a executat o probă prin așchiere conform figurii 2. Proba s-a realizat din cupru și a permis depunerea în flacără oxiacetilenică a metalului de adaos pe înălțimea necesară, aliajul depus formînd o baie care a solidificat în golul prelucrat. Nu s-au folosit fluxuri sau decapanți, pentru a se respecta condițiile de lucru din exploatare. După depunere, s-a executat o prelucrare prin frezare în vederea separării canalelor în care s-a depus metalul de adaos. Întruct o formă s-a încărcat cu aliaj cu 15% Ag, iar cealaltă cu aliaj cu 2% Ag, au rezultat 4 probe, cîte două pentru fiecare tip de aliaj de lipit.

Soluția adoptată prezintă și avantajul punerii în evidență cu pregnanță a tendinței de retasură a metalului depus, așa cum reiese și din figura 3, imaginea reprezentînd proba după o curățire sumară a suprafeței.

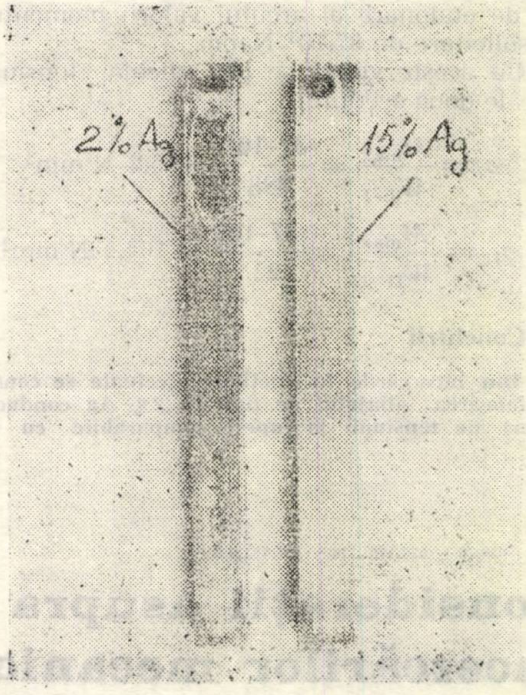


Fig. 3 Imaginea probelor prelevate după încărcarea cu aliaj de lipit a canalelor probelor din figura 2.

Încercarea pentru determinarea rezistenței convenționale la aderență a metalului depus prin lipire tare. Conform STAS 9019-71 proba avea forma din figura 4, din aceasta urmînd ca prin așchiere să se obțină epruvete de forma celei din figura 5.

Lungimea mare a îmbinării, mai ales faptul că atît la capete cît și la rădăcina rostului existau porțiuni neetanșe, a făcut ca încercările de lipire a celor două jumătăți să se soldeze cu scurgerea aproape în totalitate a materialului de adaos.

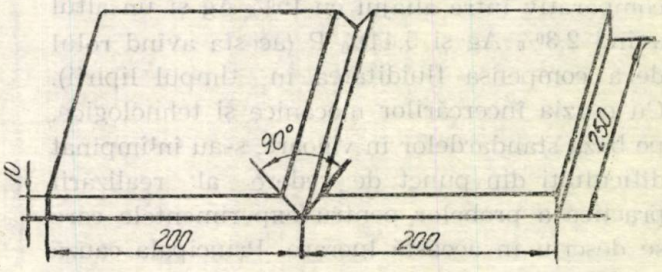


Fig. 4 Proba pentru determinarea rezistenței convenționale la aderență după STAS 9019-71.

În această situație s-a conceput placa dispozitiv din figura 6, constînd dintr-o placă de grafit prelucrată pe o adîncime egală cu grosimea probei, la dimensiunile de gabarit ale probei.

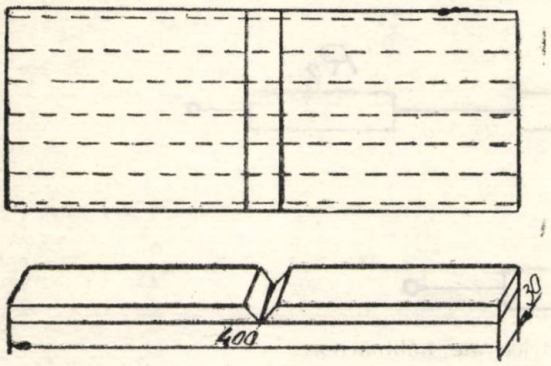


Fig. 5 Modul de prelevare a epruvetelor (a) și forma epruvetei (b) pentru determinarea rezistenței convenționale la aderență după STAS 9019-71.

S-a realizat astfel o etanșare a capetelor probei și a rădăcinii rostului, fapt care a permis executarea probei de încercare cu păstrarea formei și dimensiunilor recomandate de standarde.

În cazul în care apar eventuale mici scurgeri, acestea se pot îndepărta după solidificare, prin așchiere.

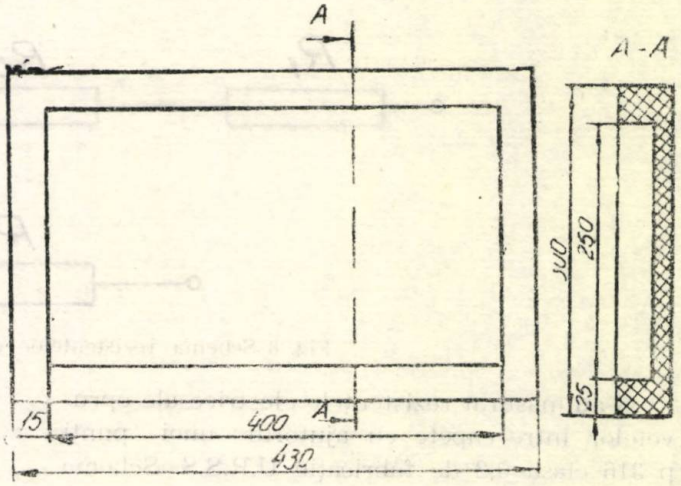


Fig. 6 Placa — dispozitiv folosită pentru executarea probei necesare determinării rezistenței convenționale la aderență.

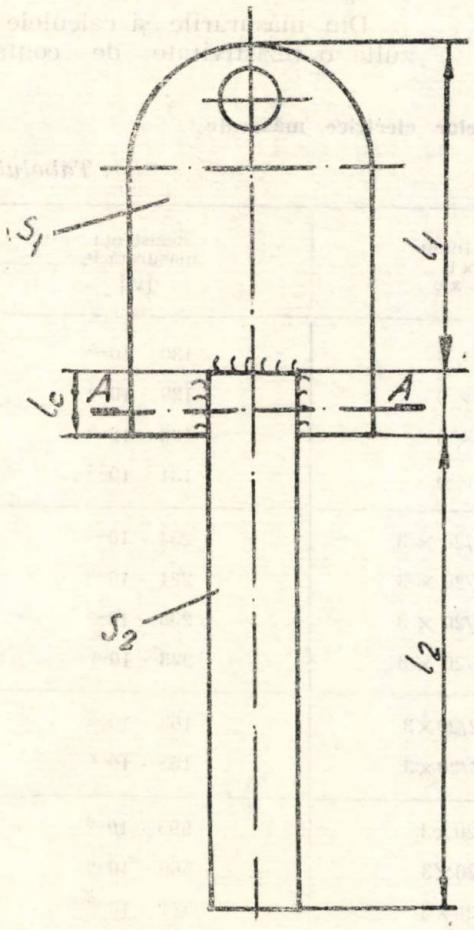


Fig. 7 Forma epruvetelor lipite pentru determinarea rezistenței și rezistivității lipiturii.

Măsurarea rezistivităților lipiturilor tari. Pentru măsurarea rezistivității lipiturilor autorii au utilizat următoarea metodică.

S-au realizat epruvete de cupru cu lipituri tari ca în figura 7 (14 bucăți epruvete în trei tipuri constructive, fig. 7 a, 7 b și 7 c).

În tabelul 1 se arată valoarea rezistențelor măsurate.

Din analiza valorilor rezistențelor măsurate se observă că, în general, la folosirea aliajului de lipit CuAg cu 2% argit, valorile rezistențelor cresc foarte puțin (epruvetele 10

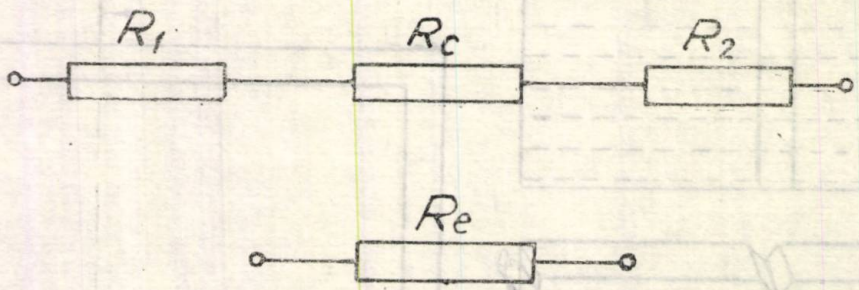


Fig. 8 Schema rezistențelor electrice ale îmbinărilor.

S-au măsurat rezistențele electrice ale epruvetelor între capete cu ajutorul unei punți p 316 clasa 0,2 de fabricație U.R.S.S. Schema rezistenței echivalente epruvetei este reprezentată în figura 8 unde :

R_1 = rezistență papuc;
R_c = rezistență de contact (îmbinare lipită);
R_2 = rezistență conductor;
$R_e = R_1 + R_c + R_2$ — rezistență echivalentă.

față de 9,14 față de 13), dar sînt și situații cînd acestea sînt sub valorile măsurate pentru epruvetele cu lipituri tari din aliaj cu 15% argint. În toate situațiile plaja diferențelor măsurate este nesemnificativă, variind între 2 la 39 $\mu\Omega$,

Rezistența la contact calculată pentru cele 14 epruvete este arătată în tabelul 2.

Din măsurările și calculele efectuate, rezultă o rezistivitate de contact medie de

Valoarea rezistențelor electrice măsurate

Tabelul 1

Nr. epr.	Cod	Secțiune [mm] / A x B a x b / A x b	Rezistența măsurată R_e [Ω]
1	1	Ø 7/30 × 3	$130 \cdot 10^{-6}$
2	0	Ø 7/30 × 3	$139 \cdot 10^{-6}$
3	1	Ø 7/30 × 3	$100 \cdot 10^{-6}$
4	0	Ø 7/30 × 3	$131 \cdot 10^{-6}$
5	0	8,5 × 3,15/20 × 3	$254 \cdot 10^{-6}$
6	1	8,5 × 3,15/20 × 3	$221 \cdot 10^{-6}$
7	1	8,5 × 3,15/20 × 3	$238 \cdot 10^{-6}$
8	0	8,5 × 3,15/20 × 3	$223 \cdot 10^{-6}$
9	0	3 4,5×2,12/20×3	$163 \cdot 10^{-6}$
10	1	3 4,5×2,12/20×3	$165 \cdot 10^{-6}$
11	1	4,5×2,12/20×3	$593 \cdot 10^{-6}$
12	0	4,5×2,12/20×3	$580 \cdot 10^{-6}$
13	1	4,5×2,12/20×3	$571 \cdot 10^{-6}$
14	0	4,5×2,12/20×3	$566 \cdot 10^{-6}$

Valoarea rezistivității de contact calculate

Tabelul 2

Nr. epr.	L_1 [mm]	S_1 [mm²] A x B	L_2 [mm]	L_2 [mm²] a x b	L_c [mm]	R_1 [Ω]	R_2 [Ω]	R_c [Ω]	ρ_c [Ω mm²/m]
1	35	90	110	38,48	23	$6{,}76 \cdot 10^{-6}$	$49{,}74 \cdot 10^{-6}$	$73{,}5 \cdot 10^{-6}$	3,27
2	35	90	110	38,48	23	$6{,}76 \cdot 10^{-6}$	$49{,}74 \cdot 10^{-6}$	$82{,}5 \cdot 10^{-6}$	3,67
3	30	90	100	38,48	25	$6{,}76 \cdot 10^{-6}$	$49{,}74 \cdot 10^{-6}$	$43{,}5 \cdot 10^{-6}$	1,93
4	30	90	100	38,48	25	$6{,}76 \cdot 10^{-6}$	$49{,}74 \cdot 10^{-6}$	$74{,}5 \cdot 10^{-6}$	3,31
5	20	60	260	26,2	20	$5{,}8 \cdot 10^{-6}$	$172{,}00 \cdot 10^{-6}$	$76{,}2 \cdot 10^{-6}$	2,27
6	20	60	260	26,2	20	$5{,}8 \cdot 10^{-6}$	$172{,}00 \cdot 10^{-6}$	$43{,}2 \cdot 10^{-6}$	1,28
7	20	60	260	26,2	20	$5{,}8 \cdot 10^{-6}$	$172{,}00 \cdot 10^{-6}$	$60{,}2 \cdot 10^{-6}$	1,79
8	20	60	260	26,2	20	$5{,}8 \cdot 10^{-6}$	$172{,}00 \cdot 10^{-6}$	$45{,}2 \cdot 10^{-6}$	1,34
9	20	60	210	27,54	20	$5{,}8 \cdot 10^{-6}$	$132{,}00 \cdot 10^{-6}$	$24{,}6 \cdot 10^{-6}$	0,792
10	20	60	210	27,54	20	$5{,}8 \cdot 10^{-6}$	$132{,}00 \cdot 10^{-6}$	$27{,}2 \cdot 10^{-6}$	0,876
11	20	60	280	9,18	20	$5{,}8 \cdot 10^{-6}$	$530{,}73 \cdot 10^{-6}$	$56{,}49 \cdot 10^{-6}$	1,34
12	20	60	280	9,18	20	$5{,}8 \cdot 10^{-6}$	$530{,}71 \cdot 10^{-6}$	$43{,}49 \cdot 10^{-6}$	1,03
13	20	60	280	9,18	20	$5{,}8 \cdot 10^{-6}$	$530{,}71 \cdot 10^{-6}$	$34{,}49 \cdot 10^{-6}$	0,82
14	20	60	280	9,18	20	$5{,}8 \cdot 10^{-6}$	$530{,}71 \cdot 10^{-6}$	$29{,}49 \cdot 10^{-6}$	0,7

1,63 Ω mm²/m, care este de circa 100 ori mai mare decît ρ Cu și ρAg.

Concluzia rezultată din analiza efectuată este că rezistența electrică a căii de curent este foarte puțin influență de calitatea materialului de adaos, și mai puternic de numărul de lipituri pe calea de curent.

BIBLIOGRAFIE

[1] x x x: Standarde de încercări pentru îmbinări lipite în R.S.R. STAS 9018-71; STAS 9019-71; STAS 10897/1...3—77; STAS 12126-82.

[2] x x x: Contract de cercetare Nr. 601870/19.03. 1986 elaborat de Universitatea din Craiova, pentru Intreprinderea „Electroputere" Craiova.

În numărul 1/1989 vor apărea recenziile lucrărilor:

„Proiectarea și verificarea fiabilității în construcția de mașini", simbol SID '54, autor dr. ing. Ioan Arghiriade — I.S.I.M. Timișoara

„Probleme actuale ale standardizării în construcția de mașini", simbol PA. S.C.M. autori: ing. Petru Țenchea, dr. ing. Ioan Arghiriade, ing. Gerhard Lipp de la I. S. I. M. Timișoara.

Condiții de prezentare a manuscriselor pentru revista „Construcția de mașini"

1. Textul unui articol împreună cu desenele să nu depășească 15 pag. convenționale, de 2000 semne.
2. **Dactilografierea** se execută la 2 rînduri în pag. de 2000 semne, pe hîrtie albă, pe o singură față a filei. Pagina va avea o margine albă de 3 cm lățime în stînga. Formulele se scriu foarte clar, cu semnele matematice și literele conform STAS, suficient de mari, cu tuș.
3. **Desenele** se execută în tuș pe calc, la dimensiunile între formatele A6 și A4. Dacă sînt figuri-foto, acestea nu trebuie să depășească formatul A4 și să fie foarte clare cu efectele de contrast foarte pronunțate.
4. **Toate figurile și tabelele** care însoțesc articolul trebuie menționate în text. Figurile trebuie să aibe titluri și legende și să fie însoțite de un borderou de figuri dactilografiat pe o pagină separată de textul articolului. Nu se va scrie pe nici o figură titlul și legenda ; legătura se face prin numărul lor conform borderoului separat într-un plic adecvat prezentate. În tipografie diferitele elemente ale materialului (text, borderou de figuri, bibliografii, tabele) se prelucrează în secții diferite, de aceea ele trebuie prezentate pe foi separate.
5. **Tabelele** trebuie dactilografiate pe foi separate de text (în text li se va indica doar locul ca și pentru figuri), deoarece au alt regim tipografic.
6. **Bibliografia** trebuie dactilografiată tot pe o pagină separată de text și prezentată conform STAS nr. 6158-60 și anume : **Cărți**: numele autorului, inițiala prenumelui autorului, titlul cărții (dacă este o lucrare străină se va da titlul în original, eventual traducerea în lb. română), numărul ediției în cifre arabe, numărul volumului în cifre romane, locul publicării, pagina la care se trimite sau prima și ultima pagină a fragmentului. **Periodice :** numele autorului, inițiala prenumelui autorului, titlul articolului (dacă este o lucrare străină se va da titlul în original, eventual cu traducerea în lb. română), titlul periodicului precedat de cuvîntul „In", numărul volumului sau anul de apariție (în cifre arabe) numărul de ordine al numărului de periodic, data numărului, pagina citată sau prima și ultima pagină a fragmentului citat sau a articolului întreg, după cum citează, doar o anumită pagină, fragment, sau un articol în întregime. Cînd lucrarea citată a fost tradusă în lb. română, titlul se scrie în traducere, dar cu mențiunea că lucrarea a fost tradusă și din ce limbă.
7. **Predarea la redacție** a manuscrisului dactilografiat se face în două exemplare, din care un original și o copie. Originalul este însoțit de desenele în tuș pe calc și fotografii cînd este cazul, iar cel de-al doilea exemplar este însoțit de ozalide sau xerocopii ale figurilor în calc sau de al doilea rînd de fotografii, cînd este cazul.
8. Autorul trebuie să **garanteze conținutul științific** al articolului, iar textul prezentat redacției să fie revizuit după dactilografiere, deoarece în timpul fazelor editoriale și tipografice nu îl mai revede, deci nu mai poate interveni în acest text după predarea manuscrisului.
9. Conform regulilor editoriale manuscrisele și figurile — publicate sau nu — nu se mai restituie autorului.
10. Materialele, prezentate conform regulilor de mai sus, se primesc la redacția revistei „Construcția de mașini", la următoarea adresă :

OFICIUL DE INFORMARE DOCUMENTARĂ PENTRU INDUSTRIA CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI

Redacția revistei „Construcția de mașini" Calea Victoriei 133, Sector 1, clădirea mică, parter, cod 71102 BUCUREȘTI, Oficiul poștal 22, Căsuța poștală 22—125.

11. Orice informație și referință se pot obține la telefoanele : 59.71.35 sau 50.31.30 (direct) și 50.40.90/253 sau 274, redactor șef ing. TEODOSIA OPRESCU, redactor: ȘERBAN TEODORESCU.
12. Materialul va fi însoțit — obligatoriu — de o adeverință semnată de conducerea instituției unde activează autorul, specificînd respectarea legilor în vigoare cu privire la păstrarea secretului.
13. Va fi însoțit și de **rezumatele lucrării în** lb. română, franceză, engleză, rusă și germană.

Cărucioare elevatoare stivuitoare termice

„RECORD — 1"

balkancarimpex

- **posibilitate de funcționare atît în aer liber cît și în spații închise**
- **transmisie hidrodinamică**
- **motor diesel D2 500 K cu consum redus, realizat în colaborare cu firma „Perkins"**
- **capacitate de încărcare — pînă la 2000 kg**
- **înălțime de ridicare — între 2800 și 4500 mm**
- **ansamblu de ridicare cu vizibilitate mare**

CĂRUCIOARELE TERMICE „RECORD" — UN NUMĂR RECORD DE VARIANTE — 91 ! LA ALEGEREA DVS. — PROPULSIE, CAPACITATE DE ÎNCĂRCARE, ÎNĂLȚIME DE RIDICARE, ECHIPAMENTE SPECIFICE

balkancar

PUBLICOM

Uniunea economică BALKANCAR
Bulgaria, 1618 Sofia, Bd. „Deveti septemvri" 126
Telefon : 55 00 21, Telex : 22061/2

Societatea comercială BALKANCARIMPEX
Bulgaria, 1040 Sofia, Bd. „Kliment Ohridski" 18
Telefon : 75 301, Telex : 23023, 23175, 23431/2

OMSZ ÁGOS MŰSZAKI INFORMÁCIÓS KÖZPONTJA ÉS KÖNYVTÁRA
1883

EXECUTA:

ISIM

- **cercetări fundamentale**
- **cercetări orientate în domeniile :**

— tehnologiilor de sudare, tăiere termică, încărcare prin sudare, metalizare,
— tehnologiilor de control distructiv şi nedistructiv,
— liniilor tehnologice de sudare şi control.

- **concepţie, proiectare şi realizare de :**

1989 AUG 17

— echipamente specializate,
— serii mici de echipamente şi aparate specifice domeniului.
— materiale de sudare, încărcare şi lipire.

- **încercări mecanice, analize chimice şi metalografice, expertize de defecte şi avarii, soluţii de reparare a pieselor uzate**
- **studii de optimizare a secţiilor productive, a grupelor de proiectare**
- **studii de prognoză**
- **perfecţionări de cadre pentru sudare, control de calitate, exploatare a echipamentelor**
- **elaborări de documente tehnice normative.**

ADRESA:

Bd. Mihai Viteazul nr. 30
1900. Timişoara Telefon : 1.97.40